



TUGAS AKHIR - TF 141581

**OPTIMASI PERANCANGAN *COAL DRYER*
DENGAN MEMANFAATKAN *STEAM*
DARI KELUARAN TURBIN PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP
PAITON**

ILHAM BINTANG

NRP. 2413100013

Dosen Pembimbing

Ir. Yaumar , MT

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT -TF141581

***OPTIMIZATION DESIGN OF COAL DRYER
USING STEAM FROM EXTRACTION
TURBINE IN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP PAITON***

ILHAM BINTANG
NRP. 2413100013

Supervisor
Ir. Yaumar , MT

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertandatangan di bawahini:

Nama : Ilham Bintang

NRP : 2413100013

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul "OPTIMASI PERANCANGAN COAL DRYER DENGAN MEMANFAATKAN STEAM DARI KELUARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PAITON" adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Juli 2017
Yang membuat pernyataan,



Ilham Bintang

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PERANCANGAN *COAL DRYER* DENGAN
MEMANFAATKAN *STEAM* DARI KELUARAN TURBIN
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PATTON**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Ilham Bintang

NRP : 2413 100 013

Surabaya, 28 Juli 2017

Mengetahui

Dosen Pembimbing

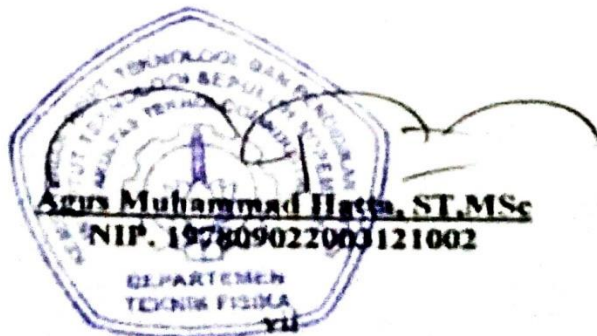


Ir. Yantmar, MT

NIP.195404061981031003

Menyetujui

Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS



LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PERANCANGAN COAL DRYER DENGAN MEMANFAATKAN STEAM DARI KELUARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PAITON

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ILHAM BINTANG
NRP. 2413 100 013

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Yaumar , MT(Pembimbing 1)
2. Dr.Ir. Purwadi Agus Darwito. MSc(Ketua Penguji)
3. Dr. Ing. Doty Dewi Ristanti, ST.MT.....(Penguji 1)
4. Lizda Johar Mawarni, ST. MT.....(Penguji 2)

OPTIMASI PERANCANGAN *COAL DRYER* DENGAN MEMANFAATKAN *STEAM* DARI KELURAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PAITON

Nama Mahasiswa : Ilham Bintang
NRP : 24 13 100 013
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yaumar, MT

ABSTRAK

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang dibutuhkan untuk bahan bakar dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton. Namun batubara yang digunakan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton merupakan batubara dengan kualitas rendah. Batubara kualitas rendah atau lignite adalah batubara lunak yang air sebanyak 75 %. Salah satu teknologi yang dapat menaikkan kualitas batubara adalah *coal dryer*. *Coal dryer* pada umumnya digunakan sebagai pengering batubara dengan memanfaatkan steam ataupun gas buang. Pada pembangkit listrik tenaga uap Paiton terdapat *Steam keluaran Low Pressure Turbin* yang sebelumnya digunakan untuk memutar generator Apabila *Steam* ini dimanfaatkan akan dapat mengurangi beban dari Condenser. *Coal Dryer* pada umumnya memiliki berbagai parameter untuk menentukan performansi. Parameter tersebut antara lain panas yang dihasilkan paling optimal. Terdapat dua jenis *coal dryer* yang akan dioptimasi antara lain *rotary dryer* dan *fluidized bed dryer*. Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan Metode Algoritma Genetika Hasil optimasi desain yang diperoleh diameter 2.98 meter ,panjang 29.8 meter dengan panas yang dihasilkan sebesar 4.937 kJ/s. Kemudian pada *fluidized bed dryer* Hasil optimasi desain diperoleh luas penampang 9 meter persegi, luas alas 9.8 meter persegi, tinggi 5.1 meter dengan panas optimal sebesar 5.001 kJ/s.

Kata Kunci : Batubara kualitas rendah, *Steam Keluaran Turbin, Coal dryer, Algoritma Genetika*

**OPTIMIZATION DESIGN OF COAL DRYER USING STEAM
EXTRACTION FROM TURBINE IN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA UAP PAITON**

Name : Ilham Bintang
NRP : 24 13 100 013
Department : Department of Engineering Physics
Supervisor : Ir. Yaumar, MT

ABSTRACT

Coal is one of the natural resources needed for fuel in the Paiton Steam Power Plant. However, the coal used by the Paiton Steam Power Plant is low quality coal. Low quality coal or lignite is soft coal with 35% to 75% water. One technology that can improve the quality of coal is a coal dryer. Coal dryers are generally used as coal dryers by utilizing steam or exhaust gas. At the Paiton steam power plant there is a Steam Output Low Pressure Turbine previously used to rotate the generator when the Steam is utilized will be able to reduce the load from the Condenser. Coal Dryer generally has various parameters to determine the performance. These parameters are among others the most optimal heat generated. There are two types of coal dryer that will be optimized, among others, rotary dryer and fluidized bed dryer. The optimization process is done by using Genetic Algorithm Method with amount of population 500 and generation 100. The result of the design optimization obtained is 2.98 meters in diameter, 29.8 meters long with the heat generated 4,937 kJ / s. Then on the fluidized bed dryer The design optimization results obtained by the cross-sectional area of 9 square meters, the base area of 9.8 square meters, the height of 5.1 meters with the optimal heat of 5.001 kJ / s.

Keywords : Low Rank Coal, Steam Extraction Turbin , Coal Dryer, Genetic Algorithm

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir yang berjudul:

“OPTIMASI PERANCANGAN COAL DRYER DENGAN MEMANFAATKAN STEAM DARI KELUARAN TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PAITON ”

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si, Ph.D selaku kepala departemen Teknik Fisika ITS.
2. Ir. Yaumar, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu memberikan bimbingan dan semangat pada penulis..
3. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di jurusan Teknik Fisika - ITS.
4. Drs. Budi Wiyono, M.pd. dan Tuti Rahayu, S.pd selaku orang tua penulis serta segenap keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk penulis.
5. Rekan-rekan Teknik Fisika – ITS dan teman-teman seperjuangan TA yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian serta bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 24 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Proses Pengeringan	5
2.2 Jenis Batubara.....	6
2.3 Coal Dryer	6
2.4 Proses Flow Diagram PLTU Paiton.....	8
2.5 <i>Rotary Dryer</i>	10
2.6 <i>Fluidized Bed Dryer</i>	12
2.7 Algoritma Genetika.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2 Identifikasi Masalah.....	20
3.3 Perumusan Masalah	20
3.4 Studi Literatur.....	20
3.5 Pengambilan Data	21
3.6 Skema Perancangan Coal Dryer	21
3.6.1 Skema Rotary Dryer	23
3.6.2 Skema Fluidized Bed Dryer.....	23
3.7 Siklus Rankine	24
3.8 Perhitungan Potensi Energi Panas.....	26

3.9	Pemodelan <i>Coal Dryer</i>	27
3.9.1	Rotary Dryer	28
3.9.2	<i>Fluidized Bed Dryer</i>	30
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Perhitungan Potensi Energi Panas.....	37
4.2	Energy and Mass Flow Diagram Proses yang ada di Plant 40	
4.3	Hasil Desain <i>Rotary Dryer</i>	43
4.4	Optimasi Desain <i>Rotary Dryer</i>	44
4.5	Hasil Desain <i>Fluidized Bed Dryer</i>	47
4.6	Optimasi Desain <i>Fluidized Bed Dryer</i>	48
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	51
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN A	
	LAMPIRAN B	
	LAMPIRAN C	
	LAMPIRAN D	
	LAMPIRAN E	
	LAMPIRAN F	
	LAMPIRAN G	
	LAMPIRAN H	
	LAMPIRAN I	
	LAMPIRAN J	
	LAMPIRAN K	
	LAMPIRAN L	
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Coal Dryer yang digunakan mengeringkan batubara	7
Gambar 2. 2 Proses Flow Diagram PLTU Paiton.....	8
Gambar 2. 3 Rotary Dryer	11
Gambar 2. 4 Fluidized Bed Dryer	13
Gambar 2. 5 Algoritma Genetika	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3. 2 Skema Perancangan Coal Dryer.....	22
Gambar 3. 3 Skema Rotary Dryer	23
Gambar 3. 4 Skema Fluidized Bed Dryer	24
Gambar 3. 5 Siklus Rankine dengan Reheater	25
Gambar 3. 6 Diagram Blok Coal Dryer	26
Gambar 4. 1 Energy Mass and Flow Diagram Dryer	40
Gambar 4. 2 Perhitungan Energy Mass And Flow Diagram Dryer	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 7	21
Tabel 3. 2 Kalor Jenis Steam	26
Tabel 4. 1 Hasil perhitungan potensi panas keluaran Low Pressure Turbin.....	37
Tabel 4. 2 Caloric Value Batubara.....	39
Tabel 4. 3 Hasil Desain rotary dryer	44
Tabel 4. 4 Parameter Algoritma Genetika pada rotary dryer	45
Tabel 4. 5 Hasil Optimasi Desain rotary dryer dengan mengubah parameter populasi	46
Tabel 4. 6 Hasil Optimasi Desain rotary dryer dengan mengubah parameter jumlah generasi	46
Tabel 4. 7 Hasil Desain fluidized bed dryer	47
Tabel 4. 8 Parameter Algoritma Genetika pada fluidized bed dryer	48
Tabel 4. 9 Hasil Optimasi Desain <i>fluidized bed dryer</i> dengan ...	49
Tabel 4. 10 Hasil Optimasi Desain <i>fluidized bed dryer</i> dengan mengubah parameter jumlah generasi.....	49

DAFTAR NOTASI

Variabel	Satuan	Keterangan
m_a	kg/s	Laju aliran masa steam keluaran <i>Low Pressure Turbine</i>
T_{in}	°C	Temperature steam masukan <i>Low Pressure Turbin</i>
T_{out}	°C	Temperature steam keluaran <i>Low Pressure Turbin</i>
m_s	kg/s	Laju aliran massa batubara basah
m_w	kg/s	Laju aliran massa batubara kering
h_w	kJ/kg	Heating Value batubara kering
h_s	kJ/kg	Heating Value batubara basah
m_c	kg/s	Laju aliran massa uap yang terkondensasi
h_c	kJ/kg	Kalor laten uap yang terkondensasi
Q	kJ/s	Panas yang diterima oleh coal dryer
Q_c	kJ/s	Panas yang hilang / Heat loss
Q_w	kJ/s	Panas yang terkandung dalam batubara kering
Q_s	kJ/s	Panas yang terkandung dalam batubara basah
c_p	kJ/kg °C	Kalor Jenis pada tekanan konstan
λ	Kg/kg	Tingkat Pengeringan Awal
$m_{moisture}$	%	laju aliran masa uap air awal dikurang laju aliran masa uap air terevaporasi
$m_{drycoal}$	%	laju aliran masa batu bara kering
U	kJ/kg	Kalor laten uap
m	kg/s	Laju aliran massa uap yang dapat terevaporasi
Cp_{in}	kJ/kg °C	Kalor Jenis Steam pada suhu 122 °C

$C_{p_{out}}$	kJ/lg °C	Kalor Jenis Steam pada suhu 95 °C
U_a	kJ/m ³ .s.K	Volumetric heat transfer coefficient
V_b	m ³	Volume Rotary Dryer
D	M	Diameter Rotary Dryer
G	kg/m ² .s	mass velocity
K	-	konstanta bernilai 0.5 dalam satuan british
n	-	adalah konstanta bernilai 0,67
A	m ²	Luas alas Rotary Dryer
ρ_g	kg/m ³	Massa Jenis Steam
L	M	Panjang Rotary Dryer
u_g	m/s	Kecepatan Steam
A_1	M	Luas alas fluidized bed dryer
H	M	Ketinggian fluidized bed dryer
X_{so}	%	Kandungan Air dalam batubara
t_R	S	Residence Time
ρ_s	kg/m ³	Massa Jenis Batubara
k	W/m C	Konduktivitas Thermal
x_o	kg/kg	Kadar Air dalam batubara
x	kg/kg	Kadar Air dalam batubara yang sudah dikeringkan
x_{eq}	kg/kg	Kadar Air dalam batubara awal
\mathcal{E}	-	Porosity
Re	-	Bilangan tak berdimensi Reynolds Number
Ar	-	Bilangan tak berdimensi Archimedes Number
u_{mf}	m/s	Kecepatan minimum terfluidisasi
d_p	M	Diameter Batubara
G_{mf}	kg/m ² .s	mass velocity pada kondisi minimum

		fluidisasi
μ_g	$(Pa.s)$	<i>dynamic viscosity of steam</i>
g	m/s^2	Gravitasi Bumi
N_v	$kg/(m^2s)$	Drying Rate Rotary Dryer

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia. Produksi batubara yang ada di Indonesia selama 13 tahun mengalami peningkatan produksi yaitu mencapai 15.68 % per tahun [1]. Pada tahun 2006 Indonesia mampu memproduksi batu bara sebesar 162 juta ton dan 120 juta ton diantaranya diekspor di berbagai negara salah satunya adalah Jepang. Selain itu Indonesia memiliki cadangan batubara yang tersebar di Pulau Kalimantan, Pulau Sumatera, dan Pulau Sulawesi. Diantara ketiga pulau tersebut yang cadangan batubara yang paling banyak terletak pada pulau Kalimantan yang memasok 75 % produksi batubara di Indonesia.

Batubara pada umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam proses di Industri. Salah satu Perusahaan yang memanfaatkan batubara sebagai bahan bakar adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton. Saat ini Batubara yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton adalah jenis batubara muda (Low Rank Coal) yang memiliki nilai kalori 4200 kkal/kg dengan kadar air sebesar 40%. Batubara dengan kadar air yang mencapai 40% dapat menyebabkan proses efisiensi dari plant menjadi tidak optimal. Saat ini Efisiensi yang dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton mencapai 83,280 % dan kerugian panas yang terjadi sebesar 16.72 %. Nilai efisiensi yang rendah akan menyebabkan penggunaan listrik sendiri naik dan proses pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga dapat menyebabkan banyak kerugian pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton.

Berdasarkan fenomena diatas dapat disimpulkan bahwa perlu adanya proses pengeringan batubara agar dapat mengurangi kadar air dari batubara. Teknologi yang digunakan untuk mengeringkan batubara yaitu *coal dryer*. Sebelumnya terdapat juga penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan coal dryer yang digunakan untuk proses pengeringan batubara dalam. Dari

penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa penggunaan coal dryer dapat meningkatkan nilai efisiensi sebanyak 1.55 % dan dijelaskan juga mengenai jenis jenis dari coal dryer. Jenis *coal dryer* yang sering digunakan untuk mengeringkan batubara antara lain *Rotary Dryer* dan *Fluidized Bed Dryer*. Dalam membangun *coal dryer* perlu adanya sumber uap atau panas yang digunakan untuk proses pengeringan. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton masih terdapat uap ekstraksi dari turbin (*Waste Heat Recovery*) yang dapat digunakan *coal dryer* sebagai sumber panas untuk memanaskan batubara. Apabila uap ekstraksi ini dimanfaatkan maka dapat menurunkan beban dari kondensor.

Besarnya Uap ekstraksi turbin yang dapat diterima oleh coal dryer tergantung dari desain *coal dryer*, karena proses desain dari *coal dryer* akan mempengaruhi ketersediaan energi pada coal dryer. Sehingga perlu adanya suatu penelitian mengenai perhitungan optimasi desain terbaik dari *coal dryer* agar panas yang diterima bisa maksimal sehingga proses pengeringan menjadi lebih cepat. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini menghasilkan suatu topik penelitian yaitu Optimasi Perancangan Coal Dryer dengan memanfaatkan Steam dari keluaran turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir ini, yaitu:

- a. Bagaimana melakukan perancangan *coal dryer* dengan memanfaatkan *steam* dari keluaran turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton.
- b. Bagaimana melakukan optimasi perancangan *coal dryer* sehingga mendapatkan kriteria yang optimal dan menghasilkan performayang bagus bagi *coal dryer*.

1.3 Tujuan

Dalam uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir ini, yaitu:

- a. Untuk melakukan perancangan *coal dryer* dengan memanfaatkan steam dari keluaran turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton
- b. Untuk melakukan optimasi perancangan dari *coal dryer* sehingga mendapatkan kriteria yang optimal dan menghasilkan performa yang efisien bagi *coal dryer*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun lingkup kerja dalam penelitian tugas akhir ini, antara lain:

1. Sumber panas yang digunakan oleh *coal dryer* adalah steam keluaran *low pressure turbine*.
2. *Coal Dryer* yang akan dioptimasi adalah *rotary dryer* dan *fluidized bed dryer*
3. Desain yang akan dihitung dan dioptimasi pada *rotary dryer* adalah panjang dan diameter
4. Desain yang akan dihitung dan dioptimasi pada *fluidized bed dryer* adalah luas penampang, luas alas , dan ketinggian
5. *Rotary Dryer* yang akan didesain dan dioptimasi memiliki bentuk seperti gambar (3.3)
6. *Fluidized bed Dryer* yang akan didesain dan dioptimasi memiliki bentuk seperti gambar (3.4)
7. Nilai panas menjadi fungsi objective dalam proses optimasi perancangan *coal dryer*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Proses Pengeringan

Pengeringan adalah berkurangnya kandungan air suatu produk akibat dari proses pemberian panas secara langsung ataupun secara tidak langsung. Semakin besar energi panas yang diberikan maka semakin banyak kandungan air yang hilang. Pada umumnya kandungan air digunakan sebagai patokan baik atau tidaknya suatu produk, semakin tinggi kandungan air dalam suatu produk maka kualitas dari produk tersebut akan semakin tidak baik. Salah satu produk yang dimaksud adalah batubara.

Batubara memiliki kandungan air yang dinyatakan dalam persen. Semakin tinggi kadar air batubara maka kualitas dari batubara akan semakin rendah. Batubara yang memiliki kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan efisiensi pada saat proses pembakaran menjadi sangat rendah. Oleh karena itu perlu adanya suatu proses sebelum dimasukkan ke dalam boiler, proses tersebut dinamakan proses pengeringan.

Di dalam proses pengeringan pasti membutuhkan udara yang berfungsi sebagai pemberi panas pada bahan, selain itu fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan [3]. Ada berbagai faktor yang mempengaruhi pengeringan antara lain [3] :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan
2. Pengaturan susunan bahan pangan
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering

Batubara yang akan dikeringkan bertujuan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kandungan air sehingga efisiensi dari penggunaan batubara meningkat dan proses produksi listrik menjadi maksimal. Selain itu Batubara yang memiliki kualitas rendah dapat menimbulkan masalah saat pengangkutan dan penimbunannya.

2.2 Jenis Batubara

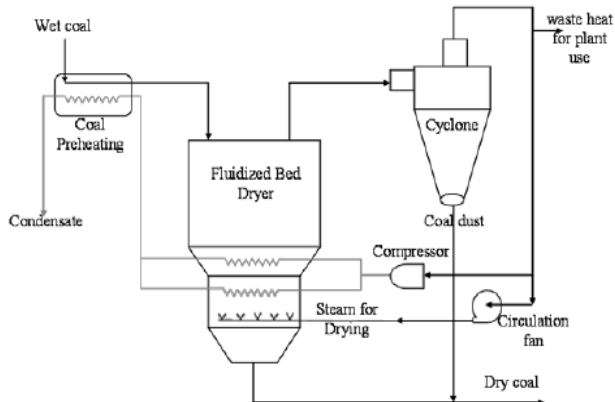
Batubara adalah suatu sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan dengan corak warna coklat sampai dengan hitam[4]. Batubara terbentuk dimulai dari proses peatification (penggambutan) dari sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi oleh lingkungan yang tereduksi. Batubara berkembang dengan melalui proses beberapa tahap yang ditandai dengan perkembangan gambut. Perkembangan gambut diawali dengan lignit, subbituminous, dan bituminous. Setelah itu dari bituminous menjadi antrasit serta meta antrasit[4]. Dari proses pembentukan batubara akan dikelompokkan berdasarkan kandungan air yang ada dalam batubara tersebut. Berikut adalah jenis-jenis batubara :

- a. Gambut, merupakan batubara yang memiliki kadar air diatas 75%, dan lapisan luar yang berpori. Jenis batubara ini memiliki nilai kalori yang paling rendah.
- b. Lignit, merupakan batubara yang sangat lunak dan memiliki kadar air 35-75% dari beratnya.
- c. Sub-bituminous, batubara yang mengandung sedikit karbon dan memiliki kandungan air yang tinggi, memiliki nilai kalor yang lebih rendah dari bituminous.
- d. Bituminous, mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya.
- e. Antrasit, merupakan kelas batubara tertinggi dengan unsur karbon sebesar 86%-98% dengan kadar air kurang dari 8%.

2.3 Coal Dryer

Coal dryer merupakan suatu teknologi yang dapat digunakan untuk mengeringkan batubara, proses pengeringan batubara bertujuan untuk meningkatkan nilai kalori dari batubara. *Coal dryer* pada umumnya membutuhkan sumber panas yang digunakan untuk proses pengeringan. Sumber panas yang digunakan untuk mengeringkan batubara dapat diambil secara langsung ataupun tidak langsung. Secara langsung artinya panas yang diambil tanpa perantara (Direct dryer) dan secara tidak langsung artinya ada sekat pembatas untuk mengalirkan uap

panas (Indirect dryer) [5]. Sumber panas yang digunakan dapat diperoleh dari gas buang (Waste Heat) dan Steam Extraction Turbin (Waste Heat Recovery) [6]. Di dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton masih terdapat panas sisa dari Steam Extraction Turbin (Waste Heat Recovery). Apabila uap panas ini dimanfaatkan maka dapat meningkatkan heating value dari batubara dan mengurangi beban dari Condenser. Untuk prosesnya dapat dilihat seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Coal Dryer yang digunakan mengeringkan batubara

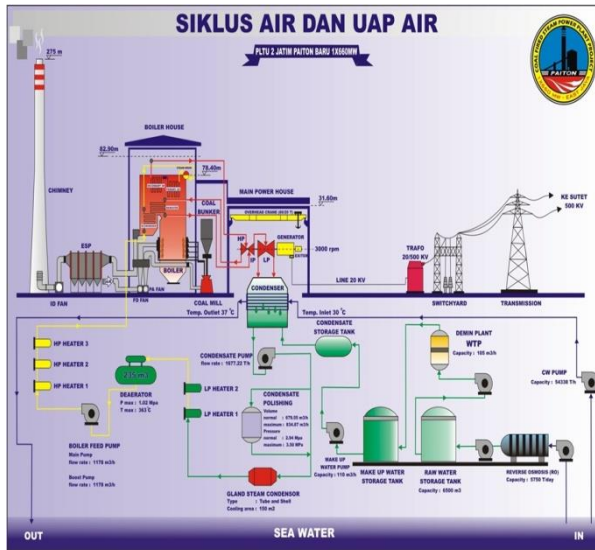
Saat ini teknologicoal dryer mulai dikembangkan di Indonesia. Khususnya padaPembangkit Listrik Tenaga Uap karena coal dryer ini dapat meningkatkan banyak keuntungan di plant karena efisiensi dari plant meningkat [6]. Pada umumnya pre drying sendiri sangat penting dilakukan karena batubara yang memiliki kadar air yang tinggi sehingga dapat meningkatkan biaya operasioal dan biaya pemeliharaan. Selain itu juga dapat menngakibatkan konsumsi penggunaan batubara menjadi meningkat dan pastinya akan membutuhkan boiler yang lebih besar [6].

Masuknya batubara yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna (karena kandungan oksigen tinggi). Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengeringan batubara terlebih dahulu agar proses di dalam pembangkit listrik tenaga uap menjadi lebih maksimal dan menghasilkan keuntungan yang besar.

Berikut adalah Manfaat dari *coal dryer* yang dijelaskan sebagai berikut :

- Meningkatkan efisiensi dari plant sehingga kadar emisi CO₂ berkurang.
- Mengurangi aliran gas buang, karena proses pembakaran mendekati sempurna.
- Meningkatkan produksi listrik di Pembangkit Listrik Tenaga Uap sehingga menghasilkan keuntungan yang besar.

2.4 Proses Flow Diagram PLTU Paiton



Gambar 2. 2 Proses Flow Diagram PLTU Paiton

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton menggunakan 2 bahan bakar untuk proses produksi listrik. Bahan Bakar yang digunakan yaitu Bahan bakar minyak dan batubara. Namun bahan bakar utama yang digunakan yaitu batubara, bahan bakar minyak hanya digunakan pada saat proses awal start up pada plant. Proses produksi listrik dimulai dari desalination plant sampai ke steam turbin untuk menggerakkan generator untuk lebih jelasnya dijelaskan sebagai berikut :

- a. Air laut dipompa dengan sea water pump kemudian diolah menjadi air tawar dengan proses desalination.
- b. Air dari desalination plant masih mengandung garam (NaCl) sehingga belum 100 % sehingga perlu dilakukan pemisahan dengan Water Treatment Plant.
- c. Air dari Water Treatment Plant kemudian masuk di dalam Make Up Water untuk mengikat ion-ion positif.
- d. Setelah itu air dari Make Up Water akan masuk di hot well Condenser dengan dipompa oleh make up water transfer.
- e. Disisi lain Batubara masuk ke dalam Pulverizer untuk dihancurkan sebelum masuk ke dalam Boiler.
- f. Setelah dihancurkan di dalam Pulverizer kemudian batubara akan masuk di dalam Boiler untuk proses pembakaran.
- g. Air dari Condenser dipompa menuju LP 1 heater (pemanas awal tekanan rendah) kemudian ke masuk ke dalam LP 2 heater untuk dipanaskan lagi.
- h. Setelah dari LP2 heater dialirkan ke dalam Daerator, di dalam daerator terjadi proses pemanasan dan pemurnian. Pemanasan yaitu dengan menggunakan uap ekstraksi turbin (Low Pressure Turbin) Selain itu proses pemurnian yaitu menghilangkan gas O_2 dengan cara menyemprotkan hidrazin agar tidak terjadi korosi di dalam pipa.
- i. Setelah itu air yang ada di dalam daerator akan masuk kedalam HP Heater.

- j. Di dalam HP Heater terjadi proses pemanasan sampai temperaturnya mendekati temperature di dalam boiler yaitu 500°C.
- k. Setelah itu air masuk ke dalam economizer dan disini terjadi pemanasan terakhir. Economizer menggunakan gas panas buang untuk memanaskan air.
- l. Setelah itu terbentuklah Uap di dalam boiler dengan suhu kurang lebih 500 derajat celcius, setelah dari economizer uap tersebut masuk ke dalam steam drum agar kandungan air di dalam uap benar benar hilang dan terbentuklah uap kering di dalam boiler
- m. Uap kering di dalam boiler tersebut akan memutar HP Turbin.
- n. Setelah memutar HP turbin Uap tersebut kehilangan energi sehingga mengalami pengurangan temperature dan pressure oleh karena itu uap tersebut dipanaskan lagi dengan Reheater.
- o. Setelah dipanaskan lagi maka Uap tersebut masuk ke dalam IP Turbin dan LP Turbin sehingga turbin tersebut berputar dan generator juga berputar
- p. Setelah itu Uap ekstraksi dari LP turbin akan masuk ke dalam Condenser dan begitu seterusnya.

2.5 Rotary Dryer

Rotary dryer adalah suatu pengering yang memiliki bentuk seperti silinder yang dipanaskan dengan steam atau gas buang. Cara kerja alat ini adalah bahan yang akan dikeringkan masuk ke dalam ruang pengering kemudian secara bersamaan steam atau gas buang masuk dan dengan bantuan vibrator alat pengering ini berputar sehingga kandungan air di dalam bahan akan berkurang karena ada proses jatuh dan turun di dalam ruang pengering. Pengering ini sering digunakan pada bahan yang memiliki bentuk seperti granula, bubuk, partikel padat yang menggumpal. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar,

Selain itu pada *rotary dryer* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari alat pengering ini yaitu dapat digunakan pada partikel yang besar, memiliki kapasitas besar, dan proses pencampuran yang baik, sehingga proses pengeringan bahan dapat menyebar secara seragam dan merata. Kekurangan dari pengering ini adalah dapat menyebabkan reduksi dan erosi, tidak ada pemisahan debu yang jelas, perawatan alat yang susah. Pada *rotary dryer* proses pemanasan dibedakan menjadi dua proses yaitu *indirect dryer* dan *direct dryer*. Pada *indirect dryer* menggunakan proses pengeringan secara konduksi[5]. Konduksi adalah proses pengeringan tidak mengalami kontak langsung antara bahan yang dikeringkan dengan steam, gas panas, dan fluida thermal[5]. Dibandingkan dengan *direct dryer* proses pengeringan secara *indirect dryer* mengeluarkan emisi gas buang yang besar. Hal ini disebabkan karena blower yang tidak terhubung langsung dengan steam yang akan digunakan sebagai pemanas. Tapi pada kenyataanya proses pengeringan *indirect dryer* memiliki efisiensi yang lebih bagus dibandingkan dengan *direct dryer* karena banyak energi yang hilang pada saat proses pembuangan. Pada pengeringan *indirect dryer* antara uap dan bahan yang akan dikeringkan panas dipisah dengan dinding dan kemudian terjadilah proses penguapan dan nilai dari kandungan air akan berkurang[5].



Gambar 2. 3Rotary Dryer

Pada proses *direct dryer* adalah suatu proses pengeringan dengan steam dan gas buang langsung kontak langsung dengan bahan yang dikeringkan setelah itu terjadilah proses perputaran

di dalam ruang pengering dengan bantuan gaya gravitasi maka terjadilah proses pengangkatan dan penurunan sehingga kandungan air di dalam bahan akan berkurang[5]. Pada pengeringan ini membutuhkan ruang bakar untuk menaikkan temperature. Bahan yang akan dikeringkan harus dikontrol sesuai dengan kualitas dan kuantitas yang dikehendaki . Di dalam bagian atas ujung dari dryer dipasang silicon untuk menyaring kotoran yang keluar selama proses pengeringan.

2.6 *Fluidized Bed Dryer*

Fluidized bed dryer adalah salah satu alat pengering yang kebanyakan untuk mengeringkan material yang berbentuk granular dan material tersebut memiliki sifat terfluidisasi seperti bahan slurries, pasta dan suspensi yang bisa di fluidisasi di dalam ruang pengering[5]. *Fluidized bed dryer* pada umumnya mengeringkan berbagai jenis produk antara lain bahan kimia, makanan, keramik, biomaterial, pestisida. *Fluidized bed dryer* bagus digunakan untuk mengeringkan bahan jenis solid karena memiliki perpindahan panas yang baik dan dapat menyebabkan material yang dikeringkan mudah bergerak di dalam ruang pengering. Bahan jenis solid yang digunakan memiliki ukuran 50 sampai 200 mikrometer[5]. Di dalam *fluidized bed dryer*, steam masuk melalui bagian bawah *fluidized bed dryer* dengan kecepatan yang rendah. Gas yang terfluidisasi akan masuk ke dalam ruang pengering dan setelah itu di distribusikan secara merata di dalam bed(ruang pengering). Pressure drop akan masuk dan akan meningkatkan kecepatan gas yang terfluidisasi[8]. Kecepatan yang demikian disebut dengan minimum fluidization. Minimum Fluidization pada umumnya bekerja diantara rentang 2-4 m/s [5]. Pada umumnya Minimum Fluidization dipengaruhi oleh banyak factor antara lain kolom dimensi, ukuran partikel, berapa lama dryer digunakan. Partikel dengan kadar air yang tinggi memerlukan minimum fluidization yang tinggi daripada kebanyakan partikel lain. Terdapat berbagai bagian-bagian dari *fluidized bed dryer* antara lain :Kipas(blower) berfungsi untuk mengalirkan udara atau steam yang akan

digunakan untuk mengeringkan bahan agar bahan yang dikeringkan memiliki sifat terfluidisasi. Elemen pemanas (heater) yaitu berfungsi untuk memanaskan udara atau steam sehingga proses pengeringan terjadi secara cepat. Plenum berfungsi untuk menyalurkan udara panas ke dalam ruang pengeringan. Dan di dalam plenum terdapat sekat sekat yang fungsinya untuk membagi rata aliran udara sehingga dapat terbagi secara merata. Hopper berfungsi untuk tempat pemasukan bahan ke dalam ruang pengering.



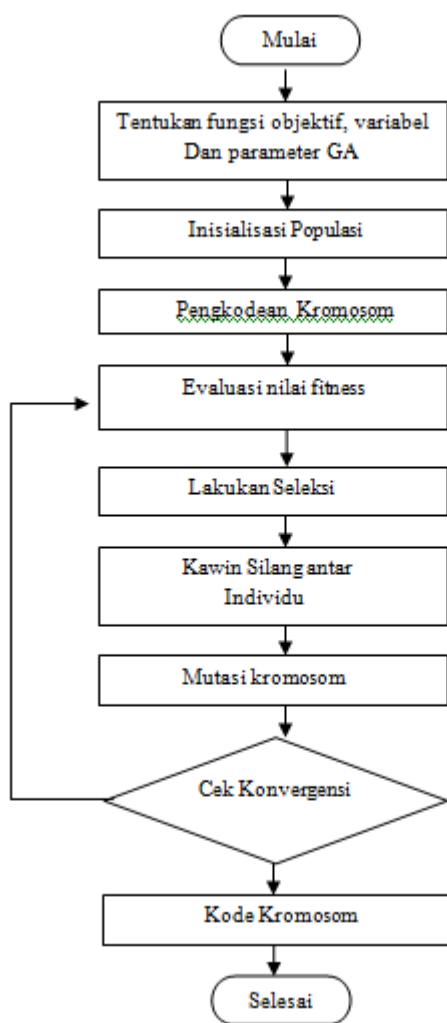
Gambar 2. 4 Fluidized Bed Dryer

Terdapat kelebihan dan kekurangan dengan menggunakan fluidized bed dryer antara lain: kelebihanannya yaitu dapat digunakan secara skala besar, Aliran fluida dapat menyebabkan bahan dapat mengalir secara mudah, proses perpindahan panas secara merata karena semua bagian dalam bahan yang dikeringkan terkena steam yang akan dikeringkan. Laju perpindahan kalor yang sangat tinggi sehingga moisture akan hilang. Selain itu kekurangannya yaitu Tidak dapat digunakan pada bahan yang lengket dan abrasive, Pencampuran dan pengadukan secara terus menerus mengakibatkan bahan tidak memiliki ketidakseragaman waktu .

2.7 Algoritma Genetika

Adalah salah satu teknik pencarian berdasarkan proses seleksi alam. Perhitungan yang ada pada algoritma ini berdasarkan pada proses seleksi makhluk hidup, dan yang berperan di dalam proses algoritma genetika disebut dengan populasi, di dalam populasi terdapat berbagai individu yang masing masing mengandung berbagai jenis kromosom[7]. Di dalam kromosom tersebut terdapat berbagai kemungkinan untuk menyelesaikan suatu masalah[7]. Pada awalnya populasi terbentuk secara acak kemudian setelah itu terbentuklah populasi baru tersebut berdasarkan parameter-parameter pada Algoritma Genetika yang telah ditentukan. Setiap generasi yang terbentuk pada tiap kromosom-kromosom akan mengalami evaluasi berdasarkan fungsi fitness. Nilai dari fitness menunjukkan kualitas dari kromosom yang ada di dalam populasi. Semakin besar nilai fitness kromosom maka kemungkinan dia bertahan akan tinggi, dan apabila nilai fitness yang diperoleh kecil maka dia akan mati pada pembentukan populasi berikutnya. Untuk proses dari pembentukan kromosom yang baru berdasarkan hasil kawin antara kromosom generasi sebelumnya. Jadi kromosom yang baru sebagai orang tua sedangkan kromosom yang lama sebagai anak. Proses perkawinan dilakukan dengan teknik penyilangan. Setelah menghasilkan keturunan yang baru ada yang akan mengalami perubahan bentuk gen-gen dalam kromosom yang disebut dengan mutasi (*mutation*) [8].

Di dalam Algoritma Genetika terdapat berbagai parameter untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Parameter tersebut antara lain jumlah populasi, jumlah generasi, jumlah kromosom, rasio kawin silang, dan rasio mutasi[8]. Jumlah generasi merupakan representasi dari jumlah iterasi yang akan dicapai. Semakin banyak iterasi yang dilakukan maka nilai dari fitness akan semakin baik. Kemudian ada rasio kawin silang (crossover rate) semakin tinggi nilai dari suatu crossover maka solusi yang dihasilkan akan lebih bervariasi sehingga dapat mengurangi kemungkinan nilai optimum yang dikehendaki. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan sesuai dengan gambar (2.5)[7]



*Gambar 2. 5*Algoritma Genetika

Berdasarkan **Gambar 2.5**, maka terdapat penjelasannya yaitu sebagai berikut :

1. Tentukan fungsi objective, variabel dan parameter pada Algoritma Genetika.

Langkah pertama dalam penentuan dalam algoritma genetika adalah menentukan fungsi objective. Fungsi objective ini adalah fungsi yang dioptimasi dengan hasil yang semaksimal mungkin atau seminimal mungkin. Setelah itu adalah penentuan parameter pada Algoritma Genetika. Parameter yang dimaksud adalah jumlah generasi, jumlah populasi, rasio mutasi, rasio kawin, dan rasio elitisme. Tidak ada aturan yang pasti untuk menentukan parameter algoritma, Hal ini tidak terlepas dari prinsip Algoritma Genetika yang mengandalkan bilangan acak hampir dalam setiap langkahnya. Fungsi objectivenya yaitu memaksimalkan nilai panas yang diterima oleh coal dryer dengan mempertimbangkan parameter desain dari coal dryer.

2. Inisialisasi Populasi

Dalam pembentukan populasi dilakukan secara acak dan di dalam populasi terdapat kromosom yang berisikan tentang solusi alternative untuk menyelesaikan masalah masalah yang ada. Populasi disini yaitu kumpulan dari berbagai nilai fitness/ panas yang diterima oleh coal dryer.

3. Pengkodean kromosom

Tujuan dari pengkodean kromosom nantinya akan digunakan untuk mengkodekan solusi permasalahan yang akan dihadapi. Dan dari berbagai kromosom tersebut merepresentasikan nilai dari fitness/ panas yang diterima oleh coal dryer.

4. Evaluasi nilai fitness

Setelah mengkodekan hasil kromosom maka langkah selanjutnya yaitu mengevaluasi nilai dari fitness. Fitness

yang dimaksud adalah besar panas yang diterima oleh coal dryer yang direpresentasikan dalam kromosom. Semakin besar nilai fitness/ panas yang diterima oleh dryer maka semakin besar pula peluang fitness tersebut untuk bertahan.

5. Lakukan Seleksi

Seleksi yang digunakan dengan bermacam-macam yaitu dengan metode route-wheel, metode elitism, dan dengan gabungan antara kedua metode tersebut. Semakin besar nilai fitness dari suatu kromosom atau fitness yang dimaksud adalah nilai panas yang diterima oleh coal dryer maka semakin besar pula dia lolos dari seleksi dan apabila kromosom memiliki nilai yang kecil maka akan semakin besar peluang untuk hilang.

6. Kawin Silang antar Individu

Setelah dilakukan seleksi maka dari berbagai kromosom yang memiliki nilai fitness tertentu/ nilai panas yang diterima oleh dryer akan melakukan kawin silang yaitu 2 kromosom yang bertindak sebagai orang tua akan sama saling saling menukar informasi kromosom sehingga akan membentuk kromosom yang baru dan terbentuklah individu yang baru. Individu yang baru tersebut menyatakan nilai dari panas yang diterima oleh dryer. Parameter baik tidaknya hasil kawin silang yaitu ditentukan berdasarkan nilai cross over, semakin besar nilai cross over maka hasil dari fitness akan semakin baik [9].

7. Mutasi

Proses mutasi adalah perubahan gen dari suatu kromosom. Dari suatu individu. Kromosom yang baru akan mengalami perubahan nilai gen akibat dari proses mutasi. Semakin tinggi nilai mutation rate maka hasilnya akan semakin baik [9]. Hasil yang dimaksud adalah panas yang diterima oleh coal dryer..

8. Cek konvergensi

Proses Optimasi akan berhenti apabila syarat-syarat berhenti terpenuhi. Nilai Konvergensi yang dimaksud adalah batas nilai fungsi objektif dan jumlah generasi, apabila dari kedua syarat terpenuhi maka proses dari running Algoritma Genetika akan berhenti. Jumlah generasi yang didefinisikan berjumlah 20 sampai dengan 100. Serta batas nilai dari fungsi fitness dari masing-masing *coal dryer* yaitu :

Rotary Dryer

Batas panjang *rotary dryer*(meter)

$$15 \leq L \leq 30$$

Batas diameter *rotary dryer*(meter)

$$0.3 \leq D \leq 3$$

Fluidized Bed Dryer

Batas luas penampang *fluidized bed dryer* (meter persegi)

$$0.9 \leq A \leq 9$$

Batas tinggi *fluidized bed dryer* (meter)

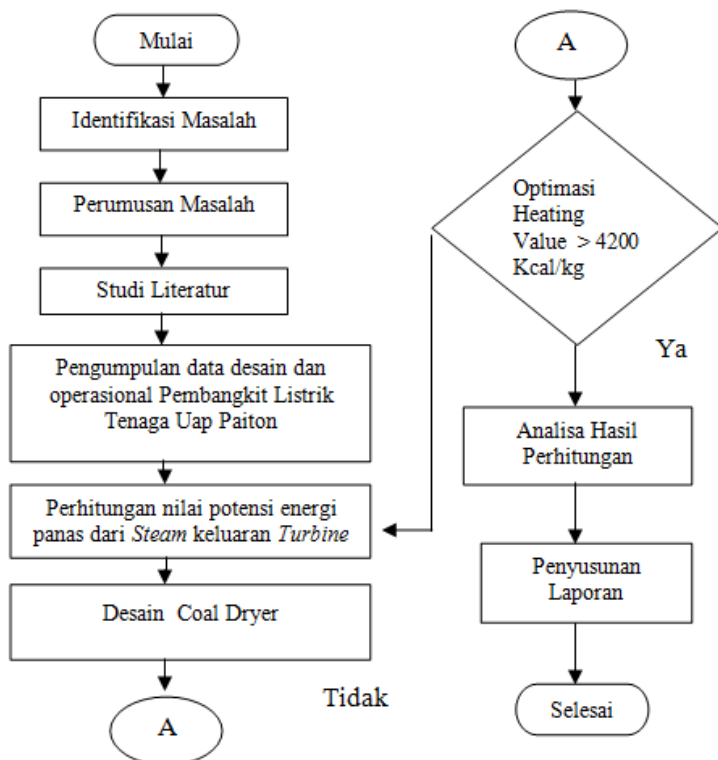
$$1.88 \leq H \leq 5.1$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tujuan dalam Tugas Akhir kali ini memecahkan suatu permasalahan yang ada di dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton. Dengan adanya kadar air batubara yang sangat tinggi yaitu mencapai 40 % maka perlu adanya proses pengeringan sebelum masuk ke dalam boiler. Namun semua metode penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar (3.1).



Gambar 3. 1Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang ada pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton adalah batubara yang digunakan pada proses pembakaran memiliki kandungan air yang besar yaitu kadar air mencapai 40 % dengan heating value sebesar 4200 kkal/kg. Apabila batubara tersebut digunakan dalam proses pembakaran maka akan mengakibatkan proses pembakaran menjadi tidak optimal dan mengakibatkan banyak kerugian yang didapat di dalam plant. Oleh karena itu perlu adanya proses pengeringan batubara sebelum digunakan dalam proses pembakaran. Namun juga perlu adanya optimasi desain dari coal dryer agar panas yang diterima optimal dan hasil desain sesuai dengan yang ada di Industri.

3.3 Perumusan Masalah

Batubara yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton memiliki kandungan air mencapai 40 %, dengan kandungan air yang sangat besar maka dapat menyebabkan proses pembakaran di boiler tidak optimal. Oleh karena itu perlu adanya proses pengeringan sebelum dimasukkan ke dalam boiler. Pengeringan yang dimaksud adalah dengan menggunakan coal dryer. Namun pada coal dryer yang akan digunakan harus terlebih dahulu didesain sesuai dengan yang ada di Industri. Oleh karena itu rumusan masalah dalam Tugas Akhir kali ini adalah melakukan perancangan dan optimasi dari coal dryer agar proses pengeringan menjadi optimal.

3.4 Studi Literatur

Pada tahap Studi literatur penulis mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan Coal Dryer yang meliputi proses kerja, proses perpindahan panas, dan model rancangan dari Coal Dryer.

3.5 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 7. Adapun data yang diambil adalah sebagai berikut :

- Laju Aliran Massa Steam keluaran Low Pressure Turbin.
- Temperature steam keluaran keluaran Low Pressure Turbin.
- Laju Aliran Massa Batubara.
- Kandungan air/moisture dari Batubara.

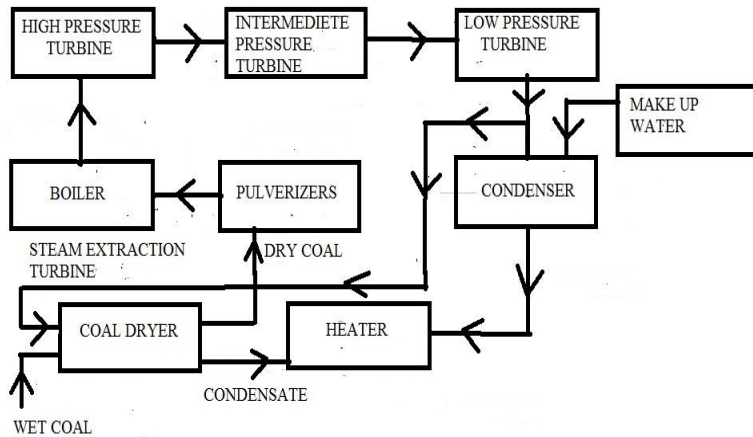
Oleh karena itu pada table (3.1) merupakan data yang diperoleh dari *Manajer Divisi Engineering Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 7*

Tabel 3. 1 Data Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 7

<i>Process Specification</i>			
Laju aliran masa steam keluaran <i>Low Pressure Turbine</i>	m_a	350.935	<i>kg/s</i>
Temperature steam masukan <i>Low Pressure Turbin</i>	T_{in}	122	<i>Celcius</i>
Temperature steam keluaran <i>Low Pressure Turbin</i>	T_{out}	95	<i>Celcius</i>
Laju aliran masa batubara	m_s	71.18	<i>kg/s</i>

3.6 Skema Perancangan Coal Dryer

Untuk Skema Perancangan Coal Dryer mengacu pada PFD (Process Flow Diagram) dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton dapat dilihat di (Lampiran G) . Coal Dryer diletakkan sesudah Low Pressure Turbin atau sebelum Condensor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di skema Perancangan Coal Dryer pada gambar (3.2).



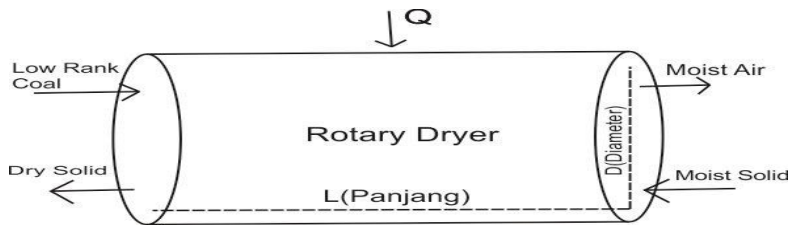
Gambar 3. 2 Skema Perancangan Coal Dryer

Dari Gambar (3.2) merupakan skema dari perancangan Coal Dryer dengan suplai panas yang didapatkan dari Steam keluaran turbin (*Waste Heat Recovery*). Untuk proses kerjanya yaitu pada awalnya batubara masuk (Raw Lignite) memiliki kandungan air sebesar 40 % dengan nilai caloric value sebesar 4200 kcal/kg. Setelah dikeringkan maka akan menghasilkan batubara yang memiliki heating value lebih besar dari sebelumnya, selain itu kandungan air dari batubara juga akan berkurang. Dan batubara yang berkurang kandungan airnya tersebut akan masuk di dalam boiler untuk proses pembakaran. Namun sebelum masuk di dalam boiler, batubara kering akan masuk ke dalam pulverizer untuk proses penghancuran menjadi bubuk batubara setelah itu batubara siap dimasukkan ke dalam boiler untuk proses pembakaran. Dan uap sisa yang digunakan untuk mengeringkan batubara akan masuk di dalam heater agar dapat dipanaskan lagi untuk proses selanjutnya, begitu seterusnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Perancangan Coal Dryer di plant yang dapat dilihat di (Lampiran H). Jenis Coal Dryer yang akan di desain yaitu rotary dryer dan

fluidized bed dryer berikut merupakan skema dari masing-masing coal dryer.

3.6.1 Skema Rotary Dryer

Merupakan salah satu jenis dari *coal dryer* yang memiliki 4 jenis tipe antara lain Direct rotary dryer, Direct Rotary Kiln, Indirect Steam-tube dryer, indirect rotary calciner, dan Direct Roto-Louvre dryer. Dari keempat jenis rotary dryer tersebut yang akan digunakan adalah jenis Direct rotary dryer karena jenis rotary dryer ini membutuhkan temperature yang sesuai dengan steam yang dikeluarkan oleh low pressure turbin [5]. Selain itu bahannya berbentuk dari Silinder dengan lapisan logam diluarnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar (3.3).



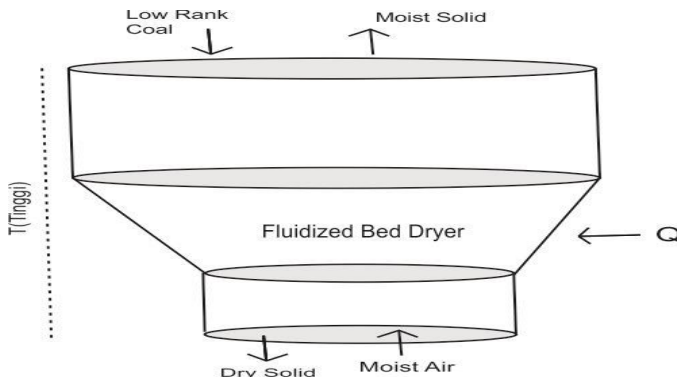
Gambar 3. 3 Skema Rotary Dryer

Pada gambar (3.3) diatas merupakan skema dari rotary dryer yang mana terdiri dari Input antara lain Steam ekstraksi dari low pressure turbin dan laju aliran massa batubara basah. Kemudian hasilnya atau nilai output berupa laju aliran massa batubara kering dan uap condensate. Untuk mengetahui perhitungan dari masing-masing sistem dapat dilihat pada gambar(4.2)

3.6.2 Skema Fluidized Bed Dryer

Proses perpindahan panas yang terjadi pada fluidized bed dryer yaitu dengan cara konduksi, konveksi dan radiasi tergantung dari kondisi operasi. Model dari proses perpindahan

panas yang terjadi pada fluidized bed dryer bergantung pada jenis partikel, tipe fluidisasi, kondisi temperature, kondisi aliran, dan tekanan. Selain itu dari berbagai parameter tersebut hal yang mempengaruhi adalah desain dari fluidized bed dryer. Desain yang dimaksud yaitu dapat berupa luas penampang dan ketinggian tergantung dari bentuk coal dryer itu sendiri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar (3.4).



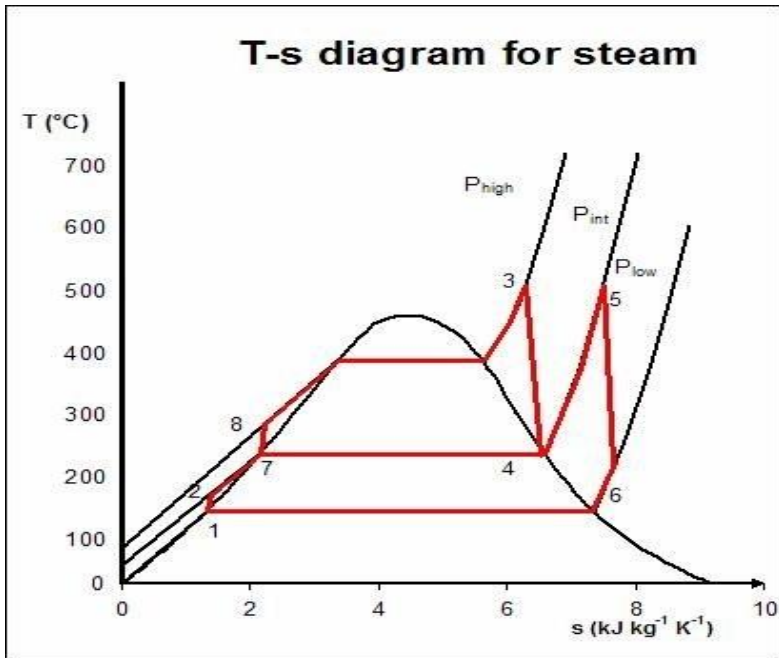
Gambar 3. 4Skema Fluidized Bed Dryer

Pada gambar (3.4) diatas merupakan skema dari fluidized bed dryer yang mana terdiri dari Input antara lain Steam ekstraksi dari low pressure turbin dan laju aliran massa batubara basah. Kemudian hasilnya atau nilai output berupa laju aliran massa batubara kering dan uap condensate. Untuk mengetahui perhitungan dari masing-masing sistem dapat dilihat pada gambar(4.2)

3.7 Siklus Rankine

Proses yang terjadi di dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap Paiton menggunakan analisa siklus rankine. Siklus yang terjadi adalah siklus tertutup karena fluida kerja yang digunakan secara terus-menerus. Dalam penerapannya siklus rankine dibagi menjadi dua yaitu siklus *rankine* sederhana(tanpa

reheater) dan siklus *rankine* dengan *reheater*. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton menggunakan reheater yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dari plant. Untuk lebih jelasnya pada siklus rankine dengan reheater dapat dilihat pada gambar (4.3).



Gambar 3. 5 Siklus Rankine dengan Reheater

Dari gambar (3.5) merupakan fase perubahan suatu zat yang bergantung pada nilai temperature. Semakin tinggi nilai temperature maka kandungan uap akan semakin kering sebaliknya jika semakin rendah nilai dari temperature maka kandungan air dalam uap akan semakin tinggi. Uap yang digunakan sebagai sumber panas bagi coal dryer memiliki temperature sebesar 121°C . Sehingga berdasarkan gambar (3.5)

maka uap yang digunakan untuk mengeringkan batubara adalah uap yang temperaturnya di atas titik didihnya ($T < T_{sat}$) atau uap superpanas.

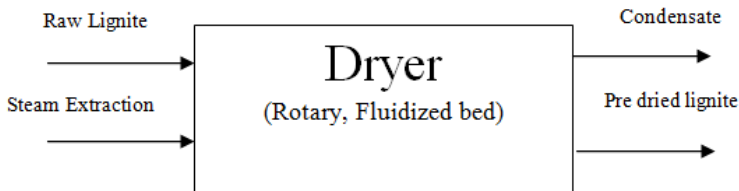
3.8 Perhitungan Potensi Energi Panas

Untuk menghitung Potensi Energi Panas yang didapatkan dari Steam keluaran Turbin membutuhkan suatu variabel yaitu kalor jenis steam. Di dapatkan nilai dari kalor jenis yaitu seperti pada tabel (3.2)[10] :

Tabel 3. 2 Kalor Jenis Steam

Kalor jenis steam pada suhu 122 °C	Cp_{in}	2.18	$KJ/kg.C$
Kalor jenis steam pada suhu 95 °C	Cp_{out}	2.06	$KJ/kg.C$

Setelah didapatkan nilai dari Kalor Jenis Steam maka kita harus mengetahui diagram blok dari dryer agar bisa mengetahui model dan objective function dari dryer yang akan dioptimasi. Berikut ini merupakan hasil dari Diagram Blok Dryer, namun untuk mencari nilai dari diagram blok dryer perlu adanya persamaan Mass Enegy Balance pada (gambar 3.3) :



Gambar 3. 6 Diagram Blok Coal Dryer

Berdasarkan Persamaan *Hukum Mass and Energy Balance* maka dapat dijabarkan yaitu [6] :

Input = Raw Lignite, Steam Extraction

Output = Pre dried Lignite, Condensate

Persamaan Hukum Mass and Energy Balance

Input - Output = Accumulation

$$\text{Input} = m_a \times h_a + m_s \times h_s,$$

$$\text{Output} = m_w \times h_w + m_c \times h_c$$

$$\text{Output} = \text{Input}$$

$$m_a \times h_a + m_s \times h_s = m_w \times h_w + m_c \times h_c$$

$$h_a = c_p (T_{out} - T_{in})$$

$$m_a \times c_p \times (T_{out} - T_{in}) + m_s \times h_s = m_w \times h_w + m_c \times h_c \quad (3.1)$$

Sehingga

$$Q + Q_w = Q_k + Q_c \quad (3.2)$$

Selain itu untuk mencari nilai m_c dapat menggunakan persamaan (3.3) [6] :

$$m_c = m_a + \lambda \cdot m_s \quad (3.3)$$

Dan nilai λ dapat dicari menggunakan persamaan (3.4) [6] :

$$\lambda = \frac{m_{moisture} - m_{drycoal}}{1 - m_{drycoal}} \quad (3.4)$$

Untuk menghilangkan kadar air dari batubara dapat menggunakan persamaan (3.5) [5] :

$$\%moisture = \frac{m_{moisture}}{m_{moisture} + m_{drycoal}} \quad (3.5)$$

Selain itu perhitungan panas yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air batubara ditunjukkan pada persamaan (3.6) [5].

$$Q = m \times C_p \times (T_{out} - T_{in}) + m \times U \quad (3.6)$$

3.9 Pemodelan Coal Dryer

Pemodelan Coal Dryer digunakan untuk menentukan desain terbaik yang agar panas yang diterima oleh dryer maksimal berdasarkan nilai batas geometri yang sudah ditetapkan. Nilai

geometri tergantung dari bentuk dryer yang akan dioptimasi. Jenis Coal Dryer yang akan dioptimasi adalah *Rotary Dryer* dan *Fluidized bed Dryer*. Dan dari masing masing dryer memiliki model yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena bentuk dari kedua dryer berbeda. Untuk model dari kedua jenis dapat dilihat pada persamaan (3.7) sampai dengan (3.24)

3.9.1 Rotary Dryer

Rotary dryer adalah salah satu jenis *Coal Dryer* yang memiliki bentuk silinder dengan diameter dan panjang tertentu. Dengan menggunakan prinsip perpindahan panas maka nilai panas yang diterima oleh coal dryer dapat dijabarkan pada persamaan (3.7)[5] :

$$Q = m_a \times c_p \times (T_{out} - T_{in}) \quad (3.7)$$

Selain itu dapat juga menggunakan persamaan (3.8) [14] :

$$Q = U_a \times V_b \times (T_{out} - T_{in}) \quad (3.8)$$

dengan:

Untuk menentukan nilai *Volumetric Heat Transfer* dapat dijabarkan pada persamaan (3.9) [5] :

$$U_a = \frac{KG^n}{D} \quad (3.9)$$

Pada *rotary dryer* memiliki bentuk silinder yang mana sisimasukannya berupa lingkaran dengan diameter tertentu. Oleh karena itu laju aliran massa steam yang berbanding terbalik dengan luasan disebut dengan *mass velocity* (G). Dapat dilihat pada persamaan (3.10)[5]:

$$G \times A = m_a \quad (3.10)$$

Dengan

Karena *rotary dryer* terdapat sebuah silinder dengan diameter tertentu. Maka nilai luas alas dari rotary dryer yaitu seperti pada persamaan (3.11):

$$A = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \quad (3.11)$$

Dengan

A adalah luas alas *rotarydryer* (m^2)

Batubara yang kehilangan air akan menguap sesuai dengan volume dryer yang ada. Karena pada saat terjadi proses pengeringan maka uap air di dalam batubara akan menguap tiap satuan luas yang dinyatakan dengan drying rate per unit areadituliskan pada persamaan (3.12)[5]:

$$N_v = \frac{m_a}{A_1} \quad (3.12)$$

dengan:

A_1 adalah luas penampang dari rotary dryer (m^2)

Untuk mendapatkan nilai diameter dari sisi dryer terdapat dijabarkan dari persamaan (3.10) dan (3.11) sehingga persamaan diameter *rotary dryer* menjadi:

$$D = \sqrt{\frac{4m_a}{\pi \times G}} \quad (3.13)$$

Nilai G (*mass velocity*) didapatkan dari persamaan (3.14)[5]:

$$G = \rho_g \times v_{steam} \quad (3.14)$$

dengan nilai ρ_g adalah 1.19 kg/m^3 serta v_{steam} sebesar 30 m/s didapatkan *mass velocity* sebesar $37.5 \text{ kg/m}^2\text{s}$ [11].

Karena berbentuk silinder oleh karena itu rotary dryer memiliki diameter dan panjang tertentu. Oleh karena itu untuk mencari panjang dari rotary dryer dapat dijabarkan seperti persamaan (3.15) [5] :

$$L = \frac{Q}{U_a \times \frac{1}{4} \pi D^2 \times (T_{out} - T_{in})} \quad (3.15)$$

dengan nilai U_a didapat dari persamaan (3.9) dalam satuan *british*[5].

$$U_a = \frac{0,5G^{0,67}}{D} \quad (3.16)$$

Berdasarkan persamaan (3.7) sampai (3.16) maka nilai dari *Objective Function* dari Rotary Dryer adalah seperti pada persamaan (3.17) :

$$Q = m_a \times c_p \times (T_{out} - T_{in})$$

$$Q = U_a \times V_b \times (T_{out} - T_{in})$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$V_b = A \times L$$

$$V_b = \frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2 \times L$$

$$U_a = \frac{0.5G^{0.67}}{D}$$

$$Q = \frac{0.5G^{0.67}}{D} \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2 \times L \times (T_{out} - T_{in}) \quad (3.17)$$

3.9.2 *Fluidized Bed Dryer*

Fluidized bed dryer adalah merupakan salah satu jenis dryer yang memiliki desain dan cara kerja tertentu untuk mengeringkan suatu produk. Cara kerjanya yaitu bahan yang akan dikeringkan akan masuk ke dalam ruang pengering kemudian secara bersamaan panas atau steam masuk sehingga bahan akan cepat kering. Dibandingkan dengan rotary dryer pengeringan dengan fluidized bed dryer dapat kering secara cepat. Dengan memanfaatkan hembusan udara dari blower maka material yang masuk dapat memiliki sifat terfluidisasi.

Dengan menggunakan prinsip perpindahan panas maka nilai panas yang diterima oleh coal dryer dapat dijabarkan pada persamaan (3.18) :

$$Q = m_a \times c_p \times (T_{out} - T_{in}) \quad (3.18)$$

Di dalam fluidized bed dryer memiliki luas alas yang dapat dijabarkan seperti persamaan(3.19) [5] :

$$m_a = \rho_g \times u_g \times A_1 \quad (3.19)$$

Dengan

A_1 adalah luas alas fluidized bed dryer (m^2)

Sehingga dari persamaan (3.19) luas alas fluidized bed dryer adalah seperti pada persamaan (3.20) :

$$A_1 = \frac{\rho_g \cdot u_g}{m_a} \quad (3.20)$$

Dan besarnya nilai dari ketinggian *fluidized bed dryer* ditunjukkan pada persamaan (3.21) [11] :

$$H = \frac{m_s \times (1 + X_{so}) \times t_R}{\rho_s \times A \times (1 - \varepsilon)} \quad (3.21)$$

Nilai ρ_s adalah 1500 kg/m^3 dan untuk mencari tinggi dryer maka terdapat variabel residence time yaitu suatu konsep yang berguna secara luas untuk mengungkapkan seberapa cepat sesuatu yang bergerak melalui sistem dalam kesetimbangan. Untuk mencari variabel residence time ditunjukkan pada persamaan (3.22) [5] :

$$t_R = \frac{1}{k} \left[\frac{x_o - x_{eq}}{x - x_{eq}} - 1 \right] \quad (3.22)$$

Dan terdapat variabel porosity yaitu ukuran dari suatu ruang kosong diantara suatu material material. *Porosity* (ε) ditunjukkan pada persamaan (3.23) [11]:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 \text{Re} + 0,36 \text{Re}^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (3.23)$$

dengan:

Sementara terdapat juga suatu variabel di dalam porosity yaitudimensionless number Reynolds (Re) dan Archimedes (Ar) ditunjukkan pada persamaan (3.24) dan (3.25) [11] :

$$\text{Re} = \frac{u_{mf} \times \rho_g \times d_p}{\mu_g} \quad (3.24)$$

$$\text{Ar} = \frac{(\rho_s - \rho_g) \times g \times \rho_g \times d_p^3}{\mu_g^2} \quad (3.25)$$

Luas penampang dari fluidized bed dryer dapat dicari menggunakan persamaan (3.26) [11]:

$$A = \frac{\rho_g \times u_{mf} \times \varepsilon}{m_a} \quad (3.26)$$

dengan :

A adalah luas penampang fluidized bed dryer (m^2)

Terdapat variabel u_{mf} yaitu kecepatan minimum fluidisasi.

Untuk mencari variabel tersebut kita harus mencari variabel G_{mf} yaitu mass velocity, berdasarkan persamaan (3.27) [11]:

$$G_{mf} = 0,0093 \times d_p^{1,82} \times \frac{[\rho_g (\rho_s - \rho_g)]^{0,94}}{\mu_g^{0,88}} \quad (3.27)$$

dengan:

Dan untuk mencari nilai u_{mf} (kecepatan minimum fluidisasi) yaitu seperti pada persamaan (3.28)[18]:

$$u_{mf} = \frac{G_{mf}}{\rho_g} \quad (3.28)$$

dengan:

Berdasarkan persamaan (3.18) sampai (3.27) maka dapat dicari nilai *Objective function* dari Fluidized Dryer yaitu seperti pada persamaan (3.28) :

$$Q = m_a \times c_p \times (T_{out} - T_{in})$$

$$m_a = \rho_g \times u_{mf} \times A \times \varepsilon$$

$$Q = A \times \rho_g \times u_{mf} \times \varepsilon \times cp \times (T_{out} - T_{in})$$

$$Q = A \times \rho_g \times u_{mf} \times \left(\frac{18 Re + 0,36 Re^2}{Ar} \right)^{0,21} \times cp \times (T_{out} - T_{in})$$

$$H = \frac{m_s \times (1 + X_{so}) \times t_R}{\rho_s \times A(1 - \varepsilon)}$$

$$\rho_s = \frac{m_s \times (1 + X_{so}) \times t_R}{H \times A(1 - \varepsilon)}$$

$$Q = A \times \rho_g \times u_{mf} \times \left(\frac{18 Re + 0,36 Re^2}{\left(\frac{m_s(1 + X_{so})t_R}{HA(1 - \varepsilon)} - \rho_g \right) g \rho_g d_p^3 \mu_g^2} \right)^{0,21} \times cp \times (T_{out} - T_{in})$$

3.9 Perancangan Algoritma Genetika

Tujuan dari perancangan Algoritma Genetika ini adalah untuk menghasilkan nilai yang optimal. Di dalam Algoritma Genetika sendiri terdapat fungsi objektif atau fungsi fitness, perlu hati hati dalam penentuan ini karena hasil dari Algoritma Genetika bergantung pada nilai tersebut, apabila terdapat kesalahan pada nilai tersebut maka akan menghasilkan nilai yang kurang baik dalam proses optimasi. Untuk fungsi objektif yang

digunakan pada tugas akhir kali ini adalah jumlah panas yang diterima oleh dryer dengan semaksimal mungkin seperti pada persamaan (3.29):

$$f(x)_{\max} = Q \quad (3.29)$$

Dengan :

$f(x)_{\max}$ adalah nilai obyektif maksimum

Q adalah jumlah panas yang diterima oleh coal dryer(kJ/s)

Berikut beberapa parameter dari Algoritma Genetika yang akan dimasukkan ke dalam program matlab :

Tabel 3.3mRancangan Algoritma Genetika

Parameter Algoritma Genetika	Notasi	Nilai
Jumlah Generasi	Maxit	20-100
Jumlah Populasi	Npop	50 -500
Jumlah Kromosom	Nbit	18
Rasio Mutasi	Pm	0.002
Rasio Kawin Silang	Pc	0.8
Rasio Etilisme	El	0.95

Penentuan parameter Algoritma Genetika pada tabel (4.3) berpedoman pada De Jong (Hopgood, 2001). Jumlah populasi akan berpengaruh terhadap nilai optimal panas yang dihasilkan oleh *coal dryer*, semakin banyak populasi maka semakin banyak kemungkinan terjadinya kawin silang sehingga kemungkinan hasil panas yang didapatkan akan semakin baik, namun disisi lain semakin banyak jumlah populasi maka akan memperlambat waktu komputasi dari nilai fitness yang dihasilkan. Tujuan dari proses variasi jumlah populasi adalah untuk mencari pada saat populasi berapa hasil dari panas yang diterima oleh coal dryer maksimal dengan meminimalkan waktu komputasi dari proses optimasi. Selain itu parameter algoritma genetika yang diubah adalah jumlah generasi, Jumlah generasi yang dibangkitkan pada tabel (3.3) adalah 20-100 .Semakin besar jumlahgenerasi maka

semakin besar kemungkinan hasil yang didapat karena kawin silang semakin banyak juga semakin banyak. Tujuan dari memvariasikan jumlah generasi adalah mencari pada saat generasi berapa didapatkan. Selanjutnya adalah banyaknya kromosom di dalam suatu populasi yang berpengaruh terhadap resolusi data atau rentang data yang dihasilkan semakin besar jumlah kromosom maka kemungkinan variasi dari individu akan semakin beragam. Rentang nilai kromosom yaitu 8 sampai 96 bit. Pada model kali ini membutuhkan 18 jumlah kromosom karena hasilnya sudah paling baik. Kemudian inisialisasi rasio mutasi dan rasio kawin silang. Rentang nilai rasio mutasi dan rasio kawin silang yaitu 0 sampai 1. Rasio mutasi dan rasio kawin silang diatur pada nilai 0.002 dan 0.8, karena individu baru diharapkan lebih beragam dan bervariasi. Terakhir adalah penentuan rasio elitisme, rasio elitisme pada Algoritma Genetika ini ditentukan sebesar 0.95. Rasio elitisme merupakan metode dalam proses seleksi yang digunakan dan akan berpengaruh terhadap hasil fitnessnya. Objective function atau $f(x)_{\max}$ sesuai dengan nilai batas yang dituju. Nilai Constraint dari masing – masing *coal dryer* adalah :

Rotary Dryer

Dengan [13] :

Batas panjang rotary *dryer* (meter)

$$15 \leq L \leq 30$$

Batas diameter rotary *dryer* (meter)

$$0.3 \leq D \leq 3$$

Fluidized Bed Dryer

Dengan [16]:

Batas luaspenampang *fluidized beddryer* (meter persegi)

$$0.9 \leq A \leq 9$$

Batas ketinggian *fluidized beddryer* (meter)

$$1.88 \leq H \leq 5.1$$

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Potensi Energi Panas

Pemanfaatan potensi panas pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton berasal dari Steam keluaran turbin(*Waste Heat Recovery*). Sehingga hasil dari perhitungan potensi energi panas yaitu sesuai dengan persamaan (3.3)

$$Q = m_a (C_{pin} \times T_{in} - C_{pout} \times T_{out})$$

$$Q = 350.935(2.18 \times 122 - 2.06 \times 95)$$

$$Q = 24.656 \text{ kJ/s}$$

Tabel 4. 1Hasil perhitungan potensi panas keluaran Low Pressure Turbin

Variabel Proses			
Laju aliran masa steam keluaran <i>Low Pressure Turbine</i>	m_a	350.935	Kg/s
Kalor jenis pada suhu 122 °C	Cp_{in}	2.18	KJ/kg.C
Kalor jenis pada suhu 95°C	Cp_{out}	2.06	KJ/kg.C
Temperature steam masukan <i>Low Pressure Turbin</i>	T_{in}	122	Celcius
Temperature steam keluaran <i>Low Pressure Turbin</i>	T_{out}	95	Celcius
Hasil			
Potensi panas Panas yang diterima oleh Coal Dryer	Q	24.656	kJ/s

Coal dryer yang dipasang akan diintegrasikan steam keluaran turbin sebagai sumber panas. Batubara yang akan dengan adanya panas yang didapat yaitu sebesar 24.656 kJ/s maka batubara yang dikeringkan akan meningkat nilai heating valuenya dari 4200 kcal/kg. Tujuan dari proses pengeringan ini adalah meningkatkan caloric value menjadi 5100 kcal/kg atau kadar air sebesar 25 %. Nilai laju aliran massa batubara basah total yang menuju *pulvirizer* adalah sebesar 71.18 kg/s dengan kadar air sebesar 40%. Sehingga Besar kadar air yang terdapat pada batubara basah:

$$\text{Moisture} = 40\% \times 71.18 \text{ kg/s}$$

$$\text{Moisture} = 28.47 \text{ kg/s}$$

maka besarnya batubara kering adalah pengurangan dari jumlah total batubara basah dengan kadar air.

$$\text{Dry Coal} = \text{Wet Coal} - \text{Moisture}$$

$$\text{Dry Coal} = 71.18 - 28.47 = 42,7 \text{ kg/s}$$

Sehingga jumlah kadar air yang dapat dihilangkan dengan ketersediaan panas yang didapatkan dari steam keluaran turbin menggunakan perhitungan persamaan (3.6) :

$$Q = m \times C_p \times (T_{out} - T_{in}) + m \times U$$

$$24.656 \text{ kJ} / \text{s} = m \times 4.2 \text{ kJ} / \text{kg} \times (100 - 30)^0 \text{ C} + m \times 2.257 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$24.656 \text{ kJ} / \text{s} = m \times 294 + m \times 2.257 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$24.656 = 2.551m$$

$$m = \frac{24.656}{2.551}$$

$$m = 9.62 \text{ kg/s}$$

Sehingga nilai m_w adalah :

$$m_w = m_s - m = 71.18 \text{ kg} / \text{s} - 9.62 \text{ kg} / \text{s} = 61.18 \text{ kg} / \text{s}$$

U merupakan panas laten 2.257 kJ/kg yang digunakan untuk mengeringkan batubara basah. Berdasarkan perhitungan pada persamaan (3.6) menghasilkan kadar air batubara basah sebesar 9,62 kg/s dan kadar air yang terevaporasi sebesar 18.84 kg/s. Hasil dari nilai persen moisture didapatkan dari persamaan (3.6).

$$\%moisture = \frac{18.84\%}{42.7\% + 18.845\%} \times 100\%$$

$$\%moisture = 30\%$$

Setelah didapatkan nilai moisture yang didapatkan dari pemanfaatan panas yaitu sebesar 30 % 'maka selanjutnya dapat mencari nilai caloric value dari batubara. Untuk menghitung caloric value dapat digunakan pada persamaan Interpolasi berdasarkan tabel (4.2):

Tabel 4. 2 Caloric Value Batubara

Caloric Value (kcal/kg)	Kandungan Air
5100	25 %
x	30 %
4200	40 %

Sehingga :

$$\frac{5100kcal/kg - x}{5100kcal/kg - 4200kcal/kg} = \frac{25\% - 30\%}{25\% - 40\%}$$

$$\frac{5100kcal/kg - x}{5100kcal/kg - 4200kcal/kg} = \frac{25\% - 30\%}{25\% - 40\%}$$

$$\frac{5100kcal/kg - x}{900kcal/kg} = \frac{-5\%}{-15\%}$$

$$5100 - x = 0,33 \times 900$$

$$5100 - x = 300$$

$$x = 5100 - 300 = 4.800kcal/kg$$

Setelah dihasilkan nilai dari caloric value yaitu sebesar 4800 kcal/kg dengan kadar air 30 %. Setelah itu kita mencari besarnya energi panas yang digunakan untuk mengurangi kadar air menjadi 25 % yang ditunjukkan seperti pada persamaan (3.6) :

$$\%moisture = \frac{m_{moisture}}{m_{moisture} + m_{drycoal}}$$

$$0.25 = \frac{m_{moisture}}{m_{moisture} + 42.7}$$

$$m_{moisture} + 42.7 = \frac{m_{moisture}}{0.25}$$

$$m_{moisture} = 14.23 \text{ kg/s}$$

maka energi panas yang diperlukan untuk mengeringkan batubara basah hingga mencapai kadar air 25 % adalah berdasarkan persamaan (3.7):

$$Q = m_{moisture} \times C_p \times \Delta T + m_{moisture} \times U$$

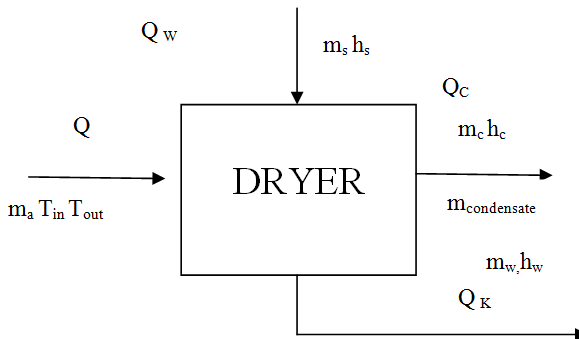
$$Q = 14.23 \times 4.2 \times (100 - 30) + 14.23 \times 2.257$$

$$Q = 36.465 \text{ kJ/s}$$

Dengan perhitungan diatas, potensi panas yang didapatkan dengan memanfaatkan *waste heat recovery* masih kurang yaitu sebesar 11.809 kJ/s.

4.2 Energy and Mass Flow Diagram Proses yang ada di Plant

Sistem yang akan direpresentasikan kali ini adalah dryer. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar (4.1)



Gambar 4. 1 Energy Mass and Flow Diagram Dryer

Untuk menghitung parameter seperti pada persamaan (3.1) dan (3.2) adalah :

Q

$$m_a = 350.935 \text{ kg/s}$$

$$c_{pin} = 2.18 \text{ kJ/kgC}$$

$$c_{out} = 2.06 \text{ kJ/kgC}$$

$$T_{in} = 122^0 \text{ C}$$

$$T_{out} = 95^0 \text{ C}$$

$$Q = m_a \times (c_{pin} \times T_{in} - c_{out} \times T_{out}) = 24.656 \text{ kJ/s}$$

Q_w

$$m_s = 71.18 \text{ kg/s}$$

$$h_s = 4200 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_w = m_s \times h_s = 1247688 \text{ kJ/s}$$

Q_K

$$m_w = 61 \text{ kg/s}$$

$$h_w = 4800 \text{ kcal/kg}$$

$$Q_K = m_w \times h_w = 1247688 \text{ kJ/s}$$

Dengan Rumus untuk mencari mass and energy balance yaitu :

Jumlah Energi yang Masuk = Jumlah Energi yang diterima

$$Q + Q_w = Q_K + Q_C$$

$$24.656 \text{ kJ/s} + 1247688 \text{ kJ/s} = 1247688 \text{ kJ/s} + Q_C$$

Sehingga nilai Q_C / $Q_{\text{yang hilang}}$ adalah

$$24.656kJ/s + 1247688kJ/s = 1247688kJ/s + Q_C$$

$$Q_C = (Q + Q_w) - Q_K$$

$$Q_C = (24.656kJ/s + 1247688kJ/s) - 1247688kJ/s$$

$$Q_C = 24.656kJ/s$$

Dan besarnya laju aliran massa steam condensate seperti pada persamaan (3.3) :

$$m_c = m_a + \lambda \cdot m_s$$

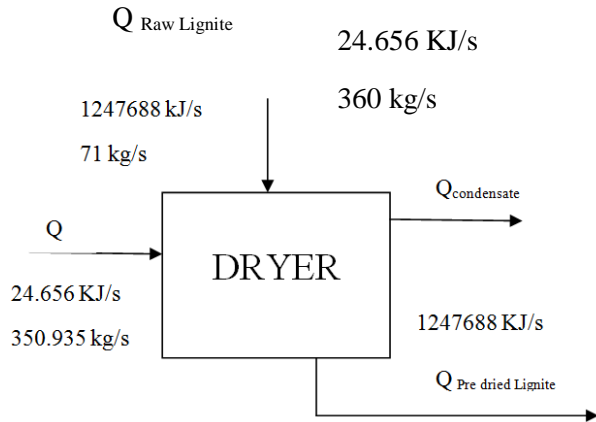
Dengan

$$\lambda = \frac{m_{moisture} - m_{drycoal}}{1 - m_{drycoal}} = \frac{0.4 - 0.3}{1 - 0.3} = \frac{0.1}{0.7} = 0.14$$

$$m_c = m_a + \lambda = 350.935kg/s + 0.14.71kg/s$$

$$m_c = 360kg/s$$

Setelah itu apabila semua variabel seperti iSehingga apabila dimasukkan ke dalam Enegy and Mass Flow Diagram yaitu seperti pada gambar (4.2) :



Gambar 4. 2 *Perhitungan Energy Mass And Flow Diagram Dryer*

4.3 Hasil Desain *Rotary Dryer*

Sebelum melakukan proses Optimasi maka hal yang perlu dilakukan adalah mendesain *rotary dryer*, perhitungan dari desain *rotary dryer* menggunakan persamaan (3.7) sampai (3.16). Yang mana hasil desain pada *rotary dryer* adalah besarnya nilai Diameter, dan Panjang. Selain itu terdapat variabel lain yaitu Drying rate Per Unit Area, dan Volumetric heat transfer coefficient. Hasil desain *rotary dryer* dapat dilihat pada tabel (4.3).

Tabel 4. 3 Hasil Desain rotary dryer

Variabel	Notasi	Hasil Desain	Satuan
Diameter	D	3.5	Meter
Panjang	L	130.3	Meter
<i>Drying rate Per Unit Area</i>	N_v	0.24	kg/m ² s
<i>Volumetric heat transfer coefficient</i>	U_a	722	Joule/m ³ sK
Panas yang diterima oleh rotary dryer	Q	24.656	kJ/s

Hasil desain dari *rotary dryer* menghasilkan Diameter dan Panjang yang sangat besar. Dengan panjang 130.3 meter dan diameter 3.5 meter sehingga mengakibatkan tidak adanya industry yang membuat *rotary dryer* dengan desain yang sangat besar. Selain itu desain *rotary dryer* yang sangat besar mengakibatkan performansi dari *rotary dryer* tidak maksimal karena menghasilkan Drying rate yang kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi desain dari *rotary dryer*.

4.4 Optimasi Desain Rotary Dryer

Setelah dilakukan tahap perancangan dari *rotary dryer* maka langkah selanjutnya yaitu mengoptimasi hasil desain dari *rotary dryer* agar didapatkan hasil desain *rotary dryer* yang sesuai dengan yang ada di industri. Optimasi yang dilakukan menggunakan *Algoritma Genetika*. Parameter Algoritma Genetika yang dimasukkan yaitu seperti pada tabel (4.4) :

Tabel 4. 4 *Parameter Algoritma Genetika pada rotary dryer*

Parameter Algoritma Genetika	Notasi	Nilai
Jumlah Generasi	Maxit	20-100
Jumlah Populasi	Npop	50-500
Jumlah Kromosom	Nbit	18
Rasio Mutasi	Pm	0.002
Rasio Kawin Silang	Pc	0.8
Rasio Etilisme	el	0.95

Selain itu dalam proses optimasi membutuhkan suatu batasan atau constrain agar sesuai dengan target yang dicapai. Nilai constrainnya yaitu :

Batas panjang *rotary dryer*(meter)

$$15 \leq L \leq 30$$

Batas diameter *rotary dryer*(meter)

$$0.3 \leq D \leq 3$$

Setelah dilakukan optimasi desain maka hasil dari desain *rotary dryer* menjadi sesuai dengan batasan/ constrain yang ditentukan. Selain itu hasil optimasi dari *rotary dryer* akan meningkatkan performansi dari *rotary dryer*. Semakin kecil dimensi dari *rotary dryer* maka akan mempermudah vendor untuk membuat *rotary dryer* sesuai dengan keinginan dan akan mempercepat proses pengiriman *rotary dryer* dan hasil dari optimasi desain *rotary dryer* dapat dilihat pada tabel (4.5) dan tabel (4.6)

Tabel 4. 5 Hasil Optimasi Desain rotary dryer dengan mengubah parameter populasi

Jumlah Populasi	Jumlah Generasi	Diameter (m)	Panjang (m)	Q(kJ/s)
60	20	2.943	29.96	4838.166
100	20	2.983	29.98	4870.421
160	20	2.986	29.992	4930.531
200	20	2.987	29.992	4956.071
260	20	2.984	29.992	4956.335
300	20	2.986	29.922	4956.628
360	20	2.986	29.922	4956.892
400	20	2.985	29.922	4956.921
460	20	2.984	29.922	4957.068
500	20	2.987	29.922	4957.508

Dari hasil pada tabel (4.5) jumlah populasi 500 merupakan hasil terbaik karena pada populasi tersebut nilai panas yang didapatkan lebih optimal dibandingkan dengan populasi lainnya. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah populasi maka semakin banyak pula kemungkinan untuk kawin silang sehingga kemungkinan nilai panas yang didapatkan lebih bervariasi dan lebih tinggi.

Tabel 4. 6 Hasil Optimasi Desain rotary dryer dengan mengubah parameter jumlah generasi

Jumlah Populasi	Jumlah Generasi	Diameter (m)	Panjang (m)	Q(kJ/s)
160	20	2.986	29.99	4930.531
160	30	2.987	29.99	4955.748
160	40	2.987	29.99	4956.921
160	50	2.987	29.99	4957.508
160	60	2.987	29.99	4957.537
160	70	2.987	29.99	4957.772
160	80	2.987	29.99	4957.801
160	90	2.987	29.99	4957.947
160	100	2.987	29.99	4958.094

Dari hasil pada tabel (4.6) jumlah generasi 100 merupakan hasil terbaik karena pada generasi ke 100, nilai dari panas yang

diterima dari *coal dryer* lebih optimal. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah generasi yang dibangkitkan maka semakin besar pula kemungkinan untuk menghasilkan individu yang terbaik.

4.5 Hasil Desain *Fluidized Bed Dryer*

Sebelum melakukan proses Optimasi maka hal yang perlu dilakukan adalah mendesain *fluidized bed dryer*, perhitungan dari desain *fluidized bed dryer* menggunakan persamaan (3.18) sampai (3.28). Yang mana hasil desain pada *fluidized bed dryer* adalah besarnya nilai Luas Penampang, Luas Alas, dan Tinggi. Hasil Hasil desain dari *fluidized bed dryer* dapat dilihat pada tabel (4.7).

Tabel 4. 7 Hasil Desain *fluidized bed dryer*

Variabel	Notasi	Hasil Desain	Satuan
Luas Penampang	A	45.4	m ²
Tinggi	H	0.77	M
Luas Alas	A ₁	9.8	m ²
Panas yang diterima oleh <i>fluidized bed dryer</i>	Q	24.656	kJ/s

Hasil desain dari *fluidized bed dryer* menghasilkan Luas Penampang, Tinggi dan Luas Alas yang sangat besar. Dengan Luas Penampang 45.4 meter persegi, tinggi 0.77 meter, dan Luas Alas sebesar 9.8 meter persegi. sehingga mengakibatkan tidak adanya industri yang membuat *fluidized bed dryer* dengan desain yang sangat besar. Selain itu *fluidized bed dryer* yang sangat besar mengakibatkan performansi dari dryer tidak maksimal karena menghasilkan Drying rate yang kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi desain dari *fluidized bed dryer*.

4.6 Optimasi Desain *Fluidized Bed Dryer*

Setelah dilakukan tahap perancangan dari rotary dryer maka langkah selanjutnya yaitu mengoptimasi hasil desain dari *fluidized bed dryer* agar didapatkan hasil desain *fluidized bed dryer* yang sesuai dengan yang ada di industri. Optimasi yang dilakukan menggunakan *Algoritma Genetika*. Parameter Algoritma Genetika yang seperti pada tabel (4.7) :

Tabel 4. 8Parameter Algoritma Genetika pada *fluidized bed dryer*

Parameter Algoritma Genetika	Notasi	Nilai
Jumlah Generasi	Maxit	20-100
Jumlah Populasi	Npop	50-500
Jumlah Kromosom	Nbit	18
Rasio Mutasi	Pm	0.002
Rasio Kawin Silang	Pc	0.8
Rasio Etilisme	El	0.95

Selain itu dalam proses optimasi membutuhkan suatu batasan atau constrain agar sesuai dengan target yang dicapai. Nilai constrainnya yaitu :

Batas luas penampang *fluidized bed dryer* (meter persegi)

$$0.9 \leq A \leq 9$$

Batas tinggi *fluidized bed dryer* (meter)

$$1.88 \leq H \leq 5.1$$

Setelah dilakukan optimasi desain maka hasil dari desain *fluidized bed dryer* menjadi sesuai dengan batasan/ constrain yang ditentukan. Selain itu hasil optimasi dari desain *fluidized bed dryer* akan meningkatkan performansi dari *fluidized bed dryer*. Dan hasil dari optimasi desain *fluidized bed dryer*.dapat dilihat pada tabel (4.9) dan tabel (4.10).

Tabel 4. 9 Hasil Optimasi Desain *fluidized bed dryer* dengan mengubah parameter populasi

Jumlah Populasi	Jumlah Generasi	Luas Permukaan (m ²)	Tinggi (m)	Q(kJ/s)
60	20	8.9995	5.0743	4984.7
100	20	8.9916	5.0689	4995.0
160	20	8.9969	5.1	5000.0
200	20	8.9929	5.0994	5000.4
260	20	8.9969	5.0823	5001.1
300	20	8.9339	5.0828	5001.2
360	20	8.8989	5.0922	5001.3
400	20	8.9291	5.0623	5001.4
460	20	8.8929	5.0822	5001.7
500	20	8.8899	5.1	5001.9

Dari hasil pada tabel (4.9) jumlah populasi 500 merupakan hasil terbaik karena pada populasi tersebut panas yang diterima oleh *coal dryer* lebih optimal. Hal ini dikarenakan semakin tinggi jumlah populasi maka semakin banyak kemungkinan untuk melakukan kawin silang sehingga nilai dari panas yang didapatkan juga semakin besar.

Tabel 4. 10 Hasil Optimasi Desain *fluidized bed dryer* dengan mengubah parameter jumlah generasi

Jumlah Populasi	Jumlah Generasi	Luas Permukaan (m ²)	Tinggi (m)	Q(kJ/s)
160	20	8.9969	5.07	4996.00
160	30	9	5.1	4997.20
160	40	8.9962	5.0993	4997.60
160	50	8.9964	5.0994	5000.20
160	60	8.9963	5.0995	5001.10
160	70	8.9962	5.0996	5001.20
160	80	8.9963	5.0994	5001.29

160	90	8.9961	5.0992	5001.36
160	100	8.9962	5.0992	5001.39

Dari hasil pada tabel (4.10) jumlah generasi 100 merupakan hasil terbaik karena pada generasi ke 100, nilai dari panas yang diterima dari *coal dryer* paling optimal. Hal ini dikarenakan semakin besar jumlah dari generasi maka semakin besar pula kemungkinan didapatkan nilai optimal karena pembentukan generasi yang semakin besar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Daan hasil optimasi dari berbagai jenis Coal Dryer didapatkan hasil sebagai berikut :

- *Rotary dryer*
Memiliki diameter 2.98 meter, 29.9 panjang meter. Panas maksimum yang dapat diterima *rotary dryer* 4.957kJ/s dengan parameter Algoritma Genetika yang paling optimum pada jumlah populasi 500 dan jumlah generasi 100.
- *Fluidized bed dryer*
luas penampang 9 meter persegi dan 5.1 ketinggian meter. Panas maksimum yang dapat diterima *fluidized bed dryer* 5001.9kJ/s dengan parameter Algoritma Genetika yang paling optimum pada jumlah populasi 500 dan jumlah generasi 100.
- Dengan Menggunakan *Fluidized Bed Dryer* didapatkan panas yang lebih besar dibandingkan dengan *Rotary Dryer*

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk dilakukan penelitian selanjutnya yaitu :

- Perlu dilakukan peneilitian dengan sumber energi panas berupa *heater*. Dengan menggunakan *heater*, maka kita dapat mendesain *coal dryer* dengan lebih mudah. Karena laju masa udara panas dan delta temperatur dapat dimanipulasi. Sehingga dapat membandingkan kondisi optimal *dryer* dan berapa keuntungan yang didapatkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kualitas Sumberdaya dan Cadangan Batubara Indonesia Tiap Tahun.2005.Jakarta,Indonesia
- [2] Perkembangan Produksi Batubara Nasional. Batubara Indonesia.1995.Jakarta,Indonesia
- [3] Ratnasari,Yn .*Proses Pengeringan* .Diponegoro University.2014
- [4] Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. 2011. Jakarta, Indonesia
- [5] Mujumdar, Arun S., ed. *Handbook Of Industrial Drying*. CRC Press, 2006.
- [6] Liu, Ming, et al. "*Thermodynamic Analysis Of Pre-Drying Methods For Pre-Dried Lignite-Fired Power Plant.*" *Energy* 49 (2013): 107-118.
- [7] Zukhri, Zainuddin. "*Algoritma Genetika untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*".Andi Yogyakarta.2014
- [8] Mithcel, Melanie., ed. *Handbook An Introduction Genetic Algorithm Drying*. Bradford book, 199.
- [9] Hannawati,Annies. "*Pencarian rute optimum dengan Algoritma Genetika*"Petra University.2002
- [10] The International Association for the Properties Of Water and Steam.2016.Dresden,Germany
- [11] John Wiley and Sons., *Boilers Evaporators and Condensers*.1991
- [12] Krokida, M. K., and C. T. Kiranoudis. "*Pareto Design Of Fluidized Bed Dryers.*"*Chemical Engineering Journal* 79.1 (2000): 1-12.
- [13] Mular Andrew, Halbe N. Doung. "*Handbook Mineral and Processing Plant, Design, Praticce, and Control*.2005
- [14] Harga Batubara Acuan (HBA) dan Harga Patokan Batubara.2007.Jakarta,Indonesia

- [15] Moran, J.Saphiro S., ed. *Handbook Fundamental Engineering of Thermodynamics*. SI Units, 5 edition.
- [16] Yori Al Milzam. "*Optimization Design Of Coal Dryers Using Waste Heat of Flue Gas* ." Institut Teknologi Sepuluh Nopember''.2014.

LAMPIRAN A

Objective Function Rotary Dryer

```
function ya=bintang(x)
%% Optimasi Rotary Dryer
% Variabel Optimasi
% mu = Laju aliran massa
% di = Diameter Dryer
% tk = Tinggi Dryer
% mu = 140666 '' 19844
% di = 9.8 '' 9.08
% tk = 98 '' 49
%Variabel Design
% Cin = Kalor Jenis Input
% Cout = Kalor Jenis Output
% Tin = Temperature Input
% Tout = Temperature Output
% G = Mass Velocity
% Ua = Volumetric Heat Transfer
% A = Luas Dryer
%Cin = 0.52;
%Cout = 0.49;
%Tin = 251.6;
%Tout = 203;
%m = 2785205;
%G = 26322;
%A = m/G;
%Ua = (0.5*(G^0.67))/x(2);
%x(1) = (4/(3.14 * A))^0.5;
%x(2) = ya/(Ua*A*(Tin-Tout));
ya
=(0.5*(26322^0.67)/x(1))*x(1)*x(1)*x(2)*38.15;
end
clear all
clc
```


LAMPIRAN B

Constrain Rotary Dryer

```
Dimension = 2;           % dimensi diganti sesuai
dengan jumlah variabel yang dioptimasi
% LB = [2000    16  1.48109901  0.964874029
298.3288879 -10.01893044    22.48530006
31.49397087 19.9557991]; % Lower
Bounds diganti sesuai dengan constraint fungsi
objektif
UB = [98.4  9 ];         % Upper Bounds
diganti sesuai dengan constraint fungsi objektif
LB = [49 0.9];
save ('prop1.mat')

clear all;
close all;
clc;
```


LAMPIRAN C

Program Algoritma Genetika Pada Rotary Dryer

```
%GENETIC ALGORITHM%
```

```
%Pembangkitan Populasi dan Parameter
```

```
tic
```

```
load ('prop1.mat')
```

```
Npop      = 200;           %populasi
```

```
Maxit     = 100;          %iterasi
```

```
el        = 0.95;         %elatism
```

```
Pc        = 0.8;          %probabilitas crossover
```

```
Pm        = 0.002;        %probabilitas mutasi
```

```
Nbit      = 18;           %jumlah bit
```

```
fitness1  = 0;
```

```
%Constrain
```

```
eBangkit   = [];          %
```

```
Individu   = [];
```

```
eIndividu  = [];
```

```
david      = [];
```

```
Dadatfit   = [];
```

```
Datfit     = [];
```

```
summary    = [];
```

```
eDadatfit  = [];
```

```
efitnessmax = [];
```

```
eIndividuMax = [];
```

```
Bangkit = round(rand(Npop,Nbit*Dimension));
```

```
popsize = size(Bangkit,1); % Pembangkitan  
populasi secara acak dengan bilangan bulat
```

```
for i = 1:Dimension % inisialisasi nilai
```

```
constrain
```

```
    batas(i) = UB(i)-LB(i); % Jika memenuhi  
    syarat berarti selesai
```

```
end
```

```
for i =1:Npop
```

```
    for j = 1:Dimension
```

```

        Desimal(i,j) =
bi2de(Bangkit(i, ((j*Nbit)-(Nbit-
1)): (j*Nbit)), 'left-msb');
        Individu(i,j) =
(Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
end
end

Datfit = []; % Inisialisasi Fitness yang dituju
variabel = [];
for i = 1:size(Individu,1)
    fitness = bintang(Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax]=max(Datfit);
end

Dadatfit = []; % Proses pembentukan generasi
for generasi=1:Maxit
    disp('GA processing')
    clear commandwindows
    clear commandhistory
    clear memory

    if generasi > 1 % Running nilai generasi
        sort_fit =
sortrows(sort,Nbit*Dimension+1);
        Individu1 = sort_fit(round((1-
el)*Npop+1):Npop,:);
        remain =
sort_fit(round(el*Npop)+1:Npop,:);

        X = Individu1;
        M = size(X,1);

        sumfitness = sum(Datfit);
    for i=1:M
        Prob(i) = Datfit(i)/sumfitness;
    end
end

```

```

for i=2:M
    Prob(i) = Prob(i)+Prob(i-1);
end
for i=1:M
    n=rand;
    k=1;
    for j=1:M-1
        if (n>Prob(j))
            k=j+1;
        end
    end
    Xparents(i,:) = X(k,:);
end

%Crossover
[M,d] = size(Xparents);
Xcrossed = Xparents; % Kawin silang
antar kromosom
for i=1:2:M-1
    c=rand;
    if (c<=Pc)
        p=ceil((d-1)*rand);
        Xcrossed(i,:) = [Xparents(i,1:p)
Xparents(i+1,p+1:d)];
        Xcrossed(i+1,:) =
[Xparents(i+1,1:p) Xparents(i,p+1:d)];
    end
end
if (M/2~=floor(M/2))
    c=rand;
    if (c<=Pc) % Kawin silang antar individu
        p=ceil((d-1)*rand);
        str=ceil((M-1)*rand);
        Xcrossed(M,:) = [Xparents(M,1:p)
Xparents(str,p+1:d)]; %the first child is chosen
    end
end

%Mutasi

```

```

[M,d] = size(Xcrossed); % Mutasi
Kromosom
    Xnew=Xcrossed;
for i=1:M
for j=1:d
            p=rand;
if (p<=Pm)
                Xnew(i,j)=1-Xcrossed(i,j);
end
end
end

disp('New fitness calculation');

Bangkit =
[Xnew(:,1:Nbit*Dimension);remain(:,1:Nbit*Dimension)];
end
    eBangkit = [eBangkit; Bangkit];

for i =1:Npop
for j = 1:Dimension;
            Desimal(i,j) =
bi2de(Bangkit(i,((j*Nbit)-(Nbit-1)):(j*Nbit)), 'left-msb');
            Individu(i,j) =
(Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
end
end

    Datfit = [];
for i = 1:Npop
        fitness = bintang(Individu(i,:));
%fitness1 = [fitness1 fitness]
        Datfit = [Datfit;fitness];
        [fitemax,nmax] = max(Datfit);
end

```



```

Dadatfit = Datfit;
eDadatfit = [eDadatfit;Dadatfit];
eIndividu = [eIndividu;Individu];
[fitnessmax,nmax] = max(eDadatfit);
efitnessmax = [efitnessmax;fitnessmax];
BangkitMax = eBangkit(nmax,:);
IndividuMax = eIndividu(nmax,:);
eIndividuMax = [eIndividuMax;IndividuMax];
BangkitMaxlast = BangkitMax;
schedmax = BangkitMax;
sort = [Bangkit Dadatfit];
summary = [summary; sort];
david = [david; Dadatfit];

clc
max_variable_design=IndividuMax(1,:)
max_objective_function=fitness(1,:)
figure(gcf)
title('Grafik Nilai Maksimum GA','color','b')
xlabel('Jumlah Iterasi')
ylabel('Nilai Fungsi Obyektif')
hold on
plot(efitnessmax, 'DisplayName', 'efitnessmax',
'YDataSource', 'efitnessmax');
hold on
end
save ('GA3.5.mat')
toc

```


LAMPIRAN D

Objective Function Fluidized Bed Dryer

```
function y=bulan(x)
%% Optimasi Fluidized Bed Dryer
% Parameter Design
% Variabel Optimasi
% x(1) = Luas Penampang
Dryer
% x(2) = Tinggi Dryer
% Laju aliran Massa Batubara =71.18 kg/s
% Porosity =0.86
% Diameter Batubara =0.0039
% Dynamic Viscosity =0.000013
% Mass velocity Minimum =8.97
% Reynolds Number =2694
% Archimedes Number =5432857
% Moisture Batubara =0.4
% Residence Time =75
% Massa Jenis Batubara =1545
% Massa Jenis Steam =1.19
% Kecepatan Terfluidisasi =7.54
% A = x(1)
% H = x(2)
pg = 1.19;
um = 7.540145;
Re = 2694.16222;
ms = 71.18;
po = 0.86;
g = 10;
dp = 0.00390;
di = 0.000013;
xs = 0.4;
tr = 75;
cp = 70.26;
mh = 8.97277;
ta = x(1)*pg*um;
tb = (18*Re+(0.36*Re*Re));
tc = (ms*(1+xs)*tr)/(x(1)*x(2)*(1-po))-pg;
td = (g*pg*dp*dp*dp);
te = (di*di);
```

```
y = (ta*((tb*te)/(tc*td))^0.21*cp);  
% Variabel Design  
% Cin    = Kalor Jenis Input  
% Cout   = Kalor Jenis Output  
% Tin    = Temperature Input  
% Tout   = Temperature Output  
% G      = Mass Velocity  
% Cout   = 2.06;  
% Cin    = 2.18;  
% Tout   = 95;  
% Tin    = 122;
```

LAMPIRAN E

Constrain Pada Fluidized Bed Dryer

```
clear all
clc

Dimension = 2;           % dimensi diganti sesuai
dengan jumlah variabel yang dioptimasi
% LB = [2000      16  1.48109901  0.964874029
298.3288879 -10.01893044    22.48530006
31.49397087 19.9557991];           % Lower
Bounds diganti sesuai dengan constraint fungsi
objektif
UB = [9  5.1 ];           % Upper Bounds diganti
sesuai dengan constraint fungsi objektif
LB = [0.9 1.88];
save ('prop1.mat')

clear all;
close all;
clc;
```


LAMPIRAN F

Program Algoritma Genetika Pada Fluidized Bed Dryer

```
%GENETIC ALGORITHM%
%Pembangkitan Populasi dan Parameter
tic
load ('prop1.mat')
Npop      = 200;      %populasi
Maxit     = 100;      %iterasi
el        = 0.95;     %elatism
Pc        = 0.8;      %probabilitas crossover
Pm        = 0.002;    %probabilitas mutasi
Nbit      = 18;      %jumlah bit
fitness1  = 0;
%Constrain

eBangkit   = [];
Individu   = [];
eIndividu  = [];
david     = [];
Dadatfit   = [];
Datfit     = [];
summary    = [];
eDadatfit  = [];
efitnessmax = [];
eIndividuMax = [];

Bangkit = round(rand(Npop,Nbit*Dimension));
popsize = size(Bangkit,1);

for i = 1:Dimension
    batas(i) = UB(i)-LB(i);
end
for i =1:Npop
    for j = 1:Dimension
        Desimal(i,j) =
bi2de(Bangkit(i, ((j*Nbit)-(Nbit-
1)):(j*Nbit)), 'left-msb');
```

```

        Individu(i,j) =
        (Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
end
end

Datfit = [];
variabel = [];
for i = 1:size(Individu,1)
    fitness = bulan(Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax]=max(Datfit);
end

Dadatfit = [];
for generasi=1:Maxit
    disp('GA processing')
    clear commandwindows
    clear commandhistory
    clear memory

    if generasi > 1
        sort_fit =
        sortrows(sort,Nbit*Dimension+1);
        Individu1 = sort_fit(round((1-
el)*Npop+1):Npop,:);
        remain =
        sort_fit(round(el*Npop)+1:Npop,:);

        X = Individu1;
        M = size(X,1);

        sumfitness = sum(Datfit);
    for i=1:M
        Prob(i) = Datfit(i)/sumfitness;
    end
    for i=2:M
        Prob(i) = Prob(i)+Prob(i-1);
    end
end

```



```

for i=1:M
    n=rand;
    k=1;
    for j=1:M-1
        if (n>Prob(j))
            k=j+1;
        end
    end
    Xparents(i,:) = X(k,:);
end

%Crossover
[M,d] = size(Xparents);
Xcrossed = Xparents;
for i=1:2:M-1
    c=rand;
    if (c<=Pc)
        p=ceil((d-1)*rand);
        Xcrossed(i,:) = [Xparents(i,1:p)
Xparents(i+1,p+1:d)];
        Xcrossed(i+1,:) =
[Xparents(i+1,1:p) Xparents(i,p+1:d)];
    end
end
if (M/2~=floor(M/2))
    c=rand;
    if (c<=Pc)
        p=ceil((d-1)*rand);
        str=ceil((M-1)*rand);
        Xcrossed(M,:) = [Xparents(M,1:p)
Xparents(str,p+1:d)]; %the first child is chosen
    end
end

%Mutasi
[M,d] = size(Xcrossed);
Xnew=Xcrossed;
for i=1:M
    for j=1:d
        p=rand;

```

```

if (p<=Pm)
                                Xnew(i,j)=1-Xcrossed(i,j);
end
end
end

disp('New fitness calculation');

Bangkit =
[Xnew(:,1:Nbit*Dimension);remain(:,1:Nbit*Dimens
ion)];
end
eBangkit = [eBangkit; Bangkit];

for i =1:Npop
for j = 1:Dimension;
    Desimal(i,j) =
bi2de(Bangkit(i,((j*Nbit)-(Nbit-
1)):(j*Nbit)), 'left-msb');
    Individu(i,j) =
(Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+LB(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
end
end

Datfit = [];
for i = 1:Npop
    fitness = bulan(Individu(i,:));
%fitness1 = [fitness1 fitness]
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax] = max(Datfit);
end

Dadatfit = Datfit;
eDadatfit = [eDadatfit;Dadatfit];
eIndividu = [eIndividu;Individu];
[fitnessmax,nmax] = max(eDadatfit);
efitnessmax = [efitnessmax;fitnessmax];
BangkitMax = eBangkit(nmax,:);

```

```

IndividuMax = eIndividu(nmax,:);
eIndividuMax = [eIndividuMax;IndividuMax,
BangkitMaxlast = BangkitMax;
schedmax = BangkitMax;
sort = [Bangkit Dadatfit];
summary = [summary; sort];
david = [david; Dadatfit];

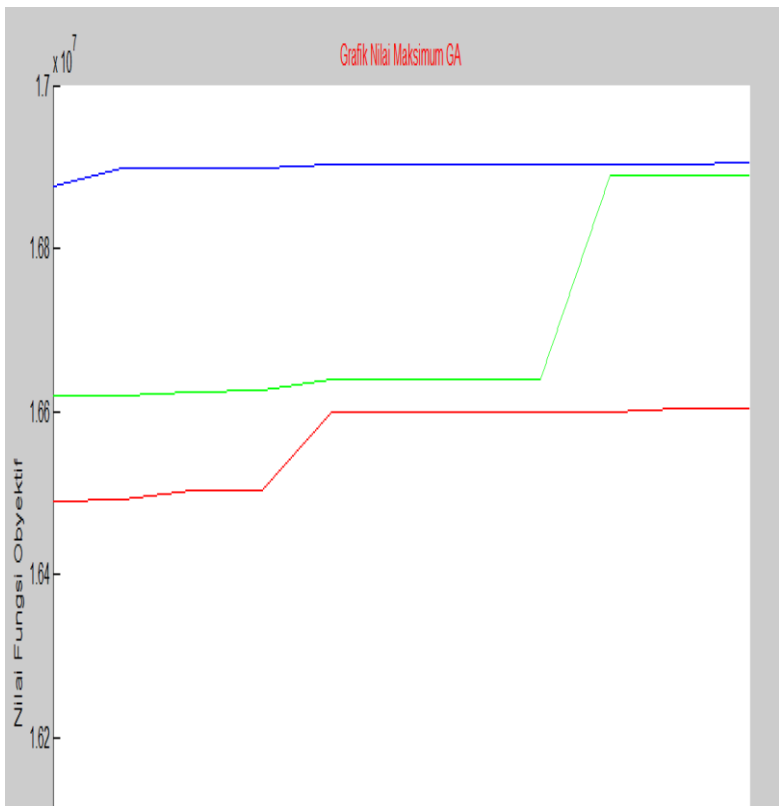
clc
max_variable_design=IndividuMax(1,:)
max_objective_function=fitness(1,:)
figure(gcf)
title('Grafik Nilai Maksimum GA','color','b')
xlabel('Jumlah Iterasi')
ylabel('Nilai Fungsi Obyektif')
hold on
plot(efitnessmax, 'DisplayName', 'efitnessmax',
'YDataSource', 'efitnessmax');
hold on
end
save ('GA3.5.mat')
toc

```

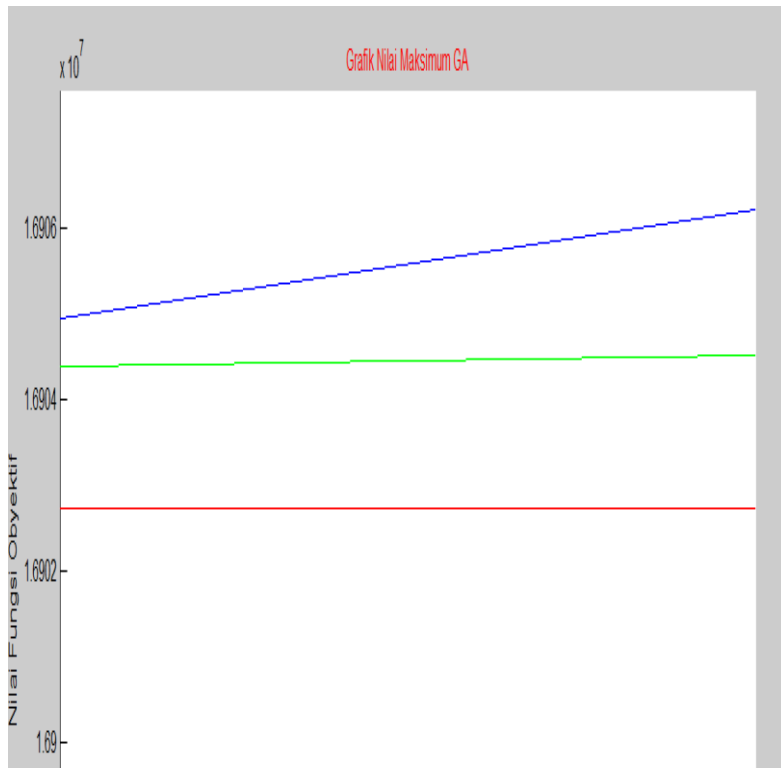

LAMPIRAN G

Hasil Optimasi Pada Rotary Dryer Dengan Perubahan Jumlah Populasi

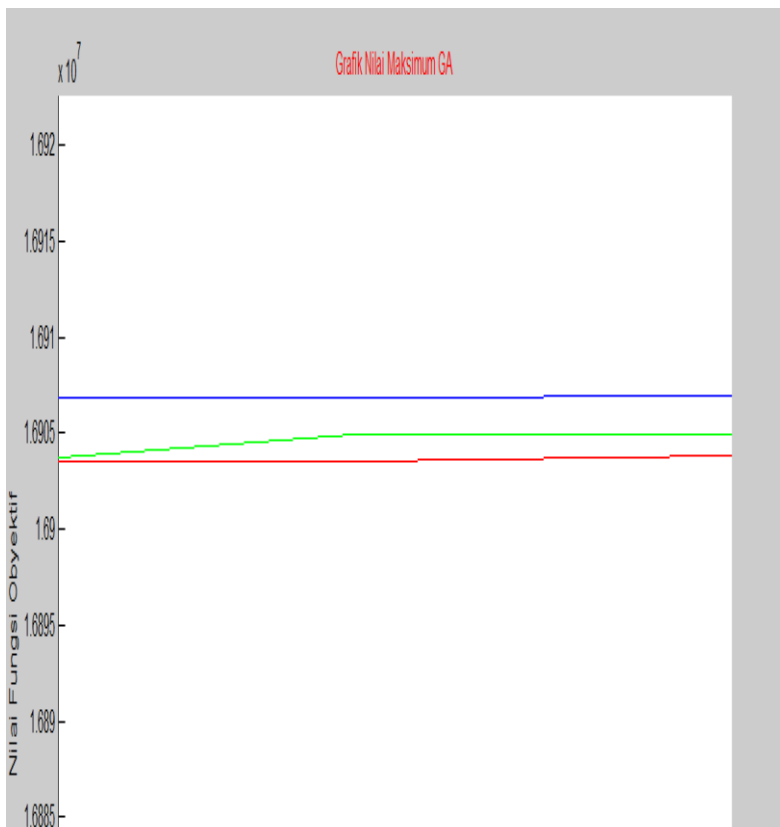
Populasi	=	60,100,160
Generasi	=	20
Merah	=	60
Hijau	=	100
Biru	=	160



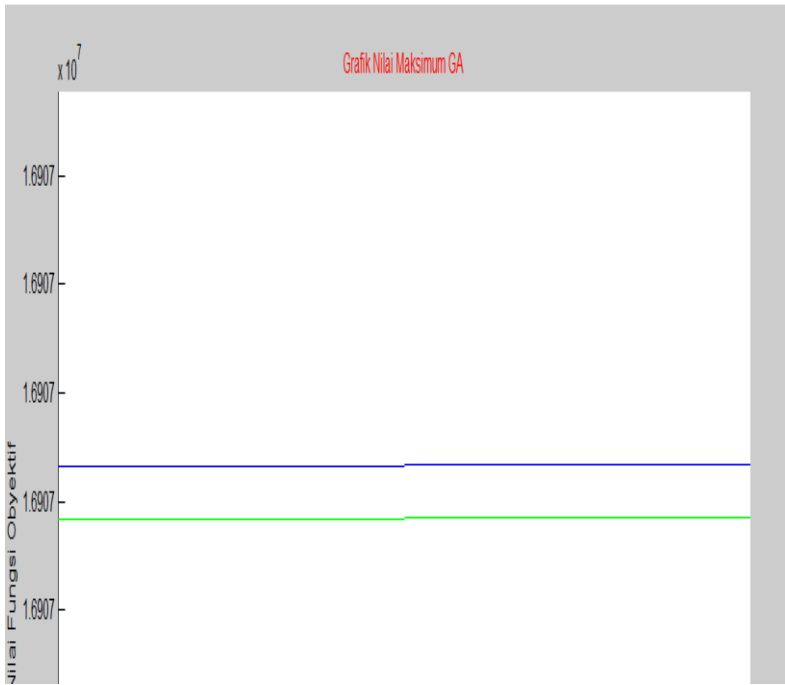
Populasi	=	200,260,300
Generasi	=	20
Merah	=	200
Hijau	=	260
Biru	=	300



Populasi	=	360,400,460
Generasi	=	20
Merah	=	360
Hijau	=	400
Biru	=	460



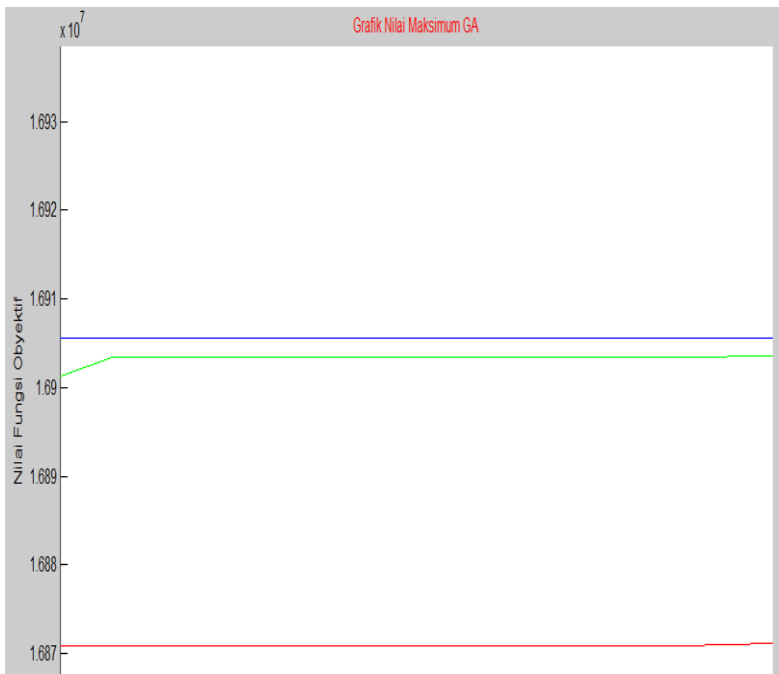
Populasi	=	460
Generasi	=	20
Hijau	=	460
Biru	=	500



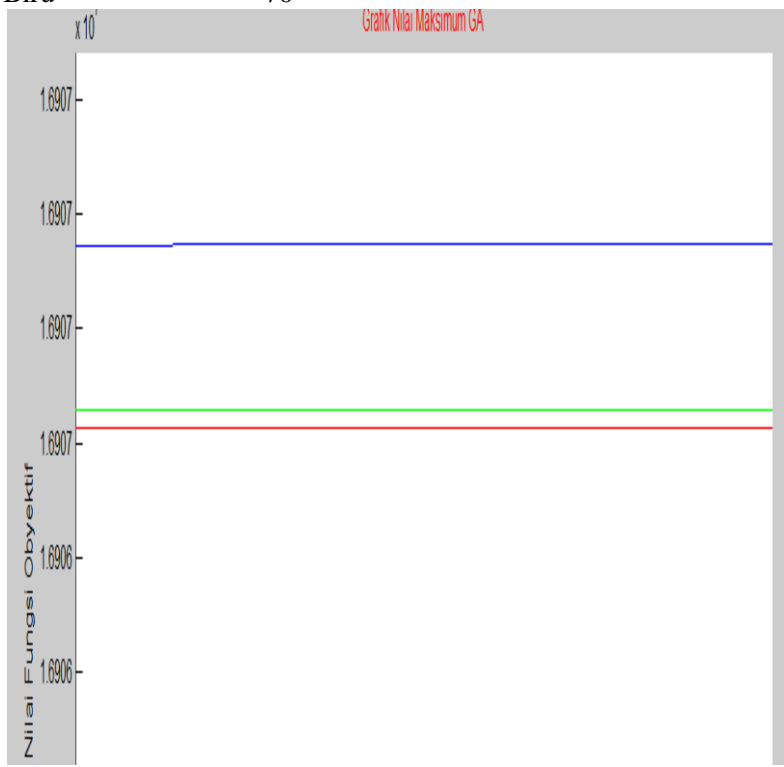
LAMPIRAN H

Hasil Optimasi Pada Rotary Dryer Dengan Perubahan Jumlah Generasi

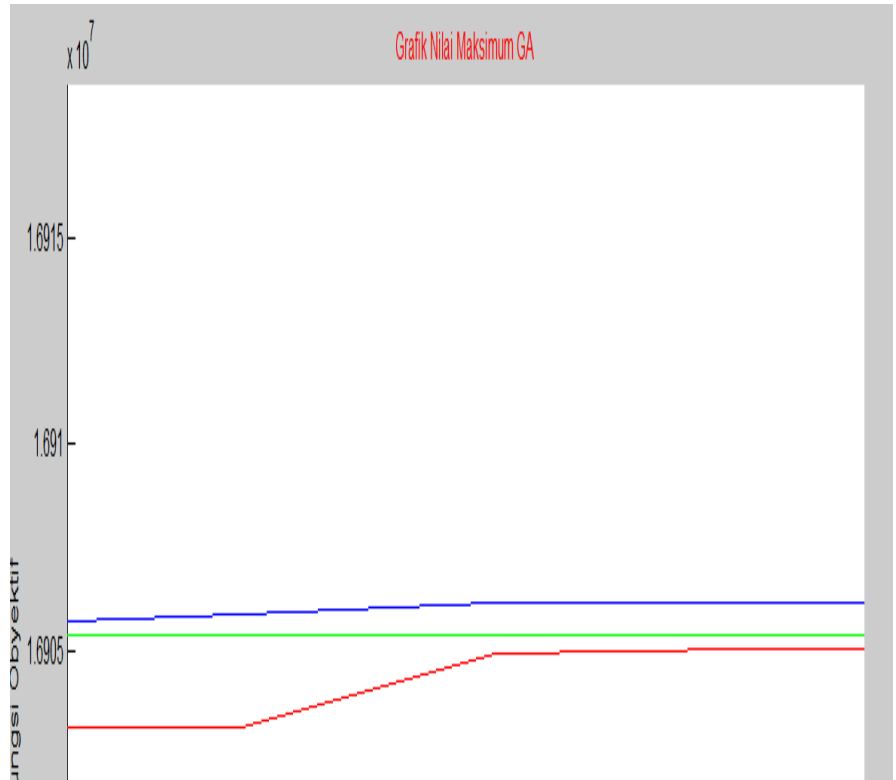
Populasi	=	160
Generasi	=	20,30,40
Merah	=	20
Hijau	=	30
Biru	=	40



Populasi = 160
Generasi = 50,60,70
Merah = 50
Hijau = 60
Biru = 70



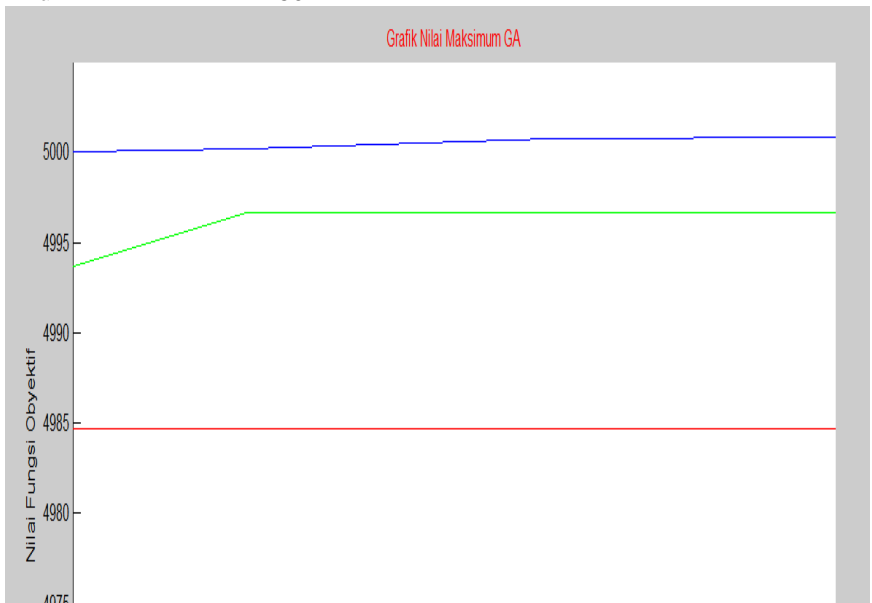
Populasi = 160
Generasi = 80,90,100
Merah = 80
Hijau = 90
Biru = 100



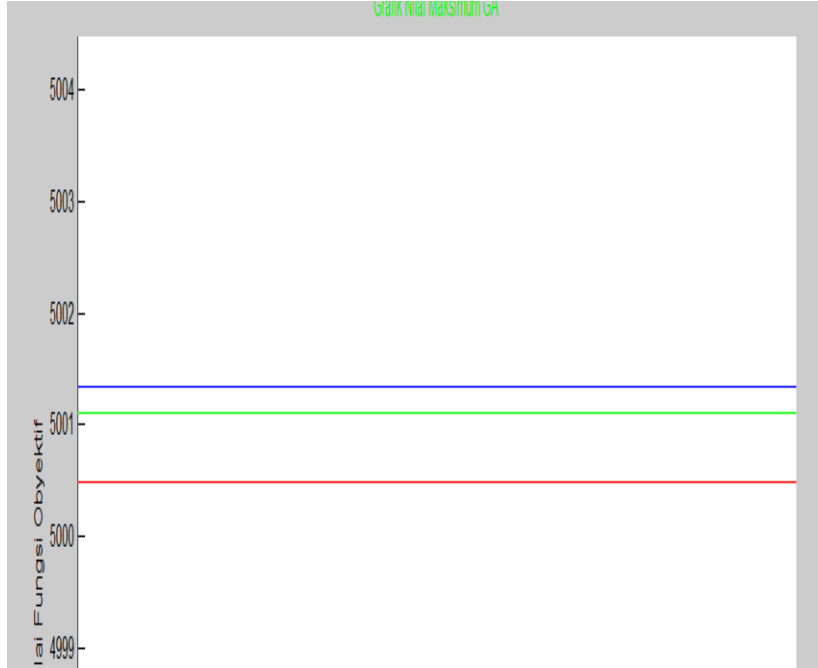
LAMPIRAN I

Hasil Optimasi Pada Fluidized Bed Dryer Dengan Perubahan Jumlah Populasi

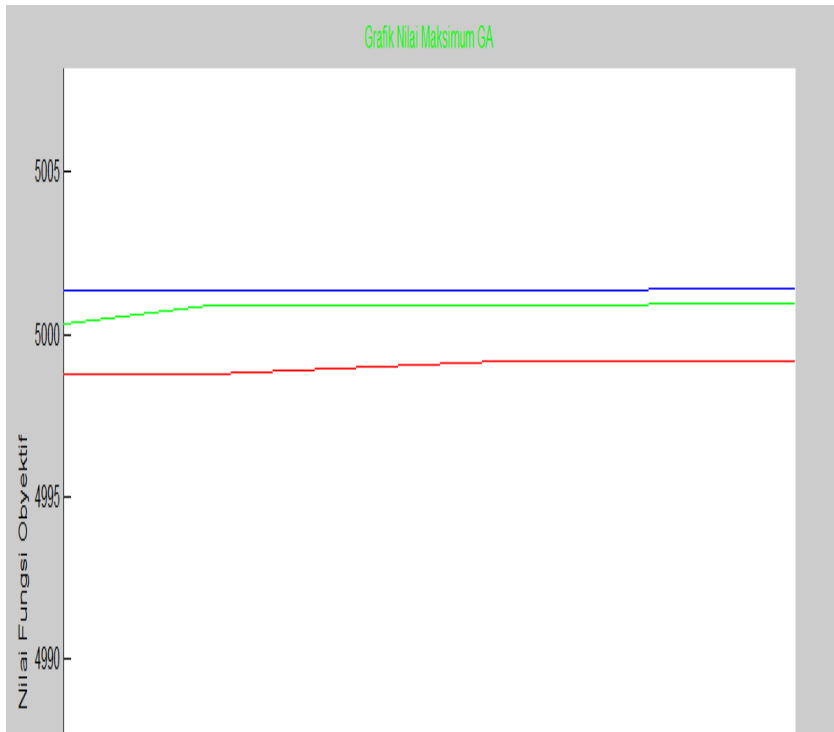
Populasi = 60,100,160
Generasi = 20
Merah = 60
Hijau = 100
Biru = 160



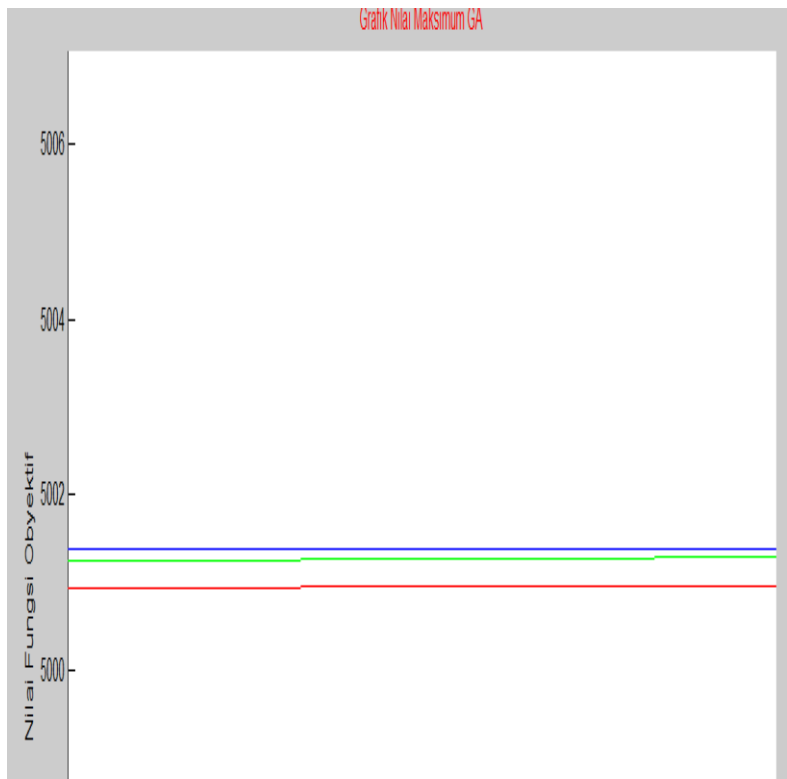
Populasi = 200,260,300
Generasi = 20
Merah = 200
Hijau = 260
Biru = 300



Populasi = 360,400,460
Generasi = 20
Merah = 360
Hijau = 400
Biru = 460

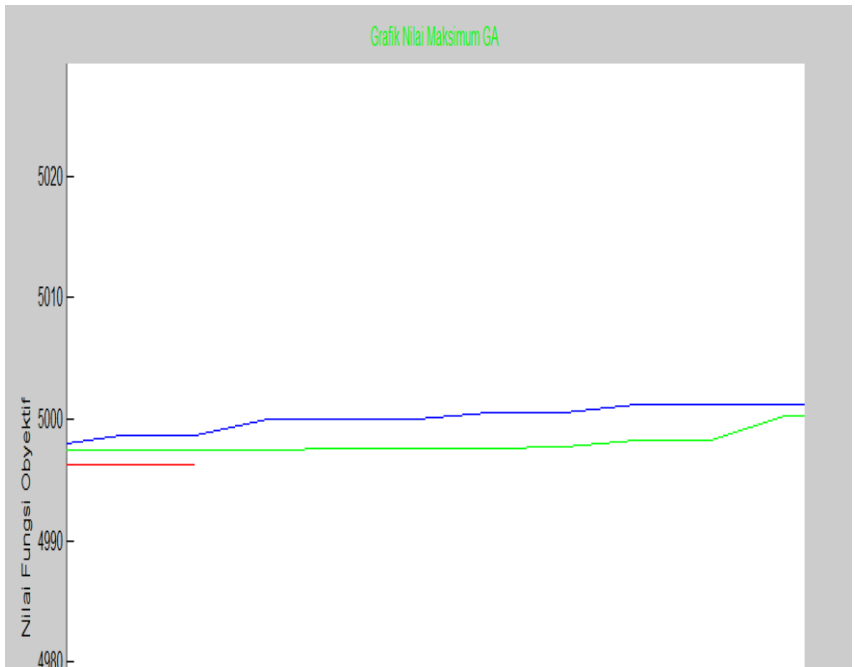


Populasi = 400,460,500
Generasi = 20
Merah = 400
Hijau = 460
Biru = 500

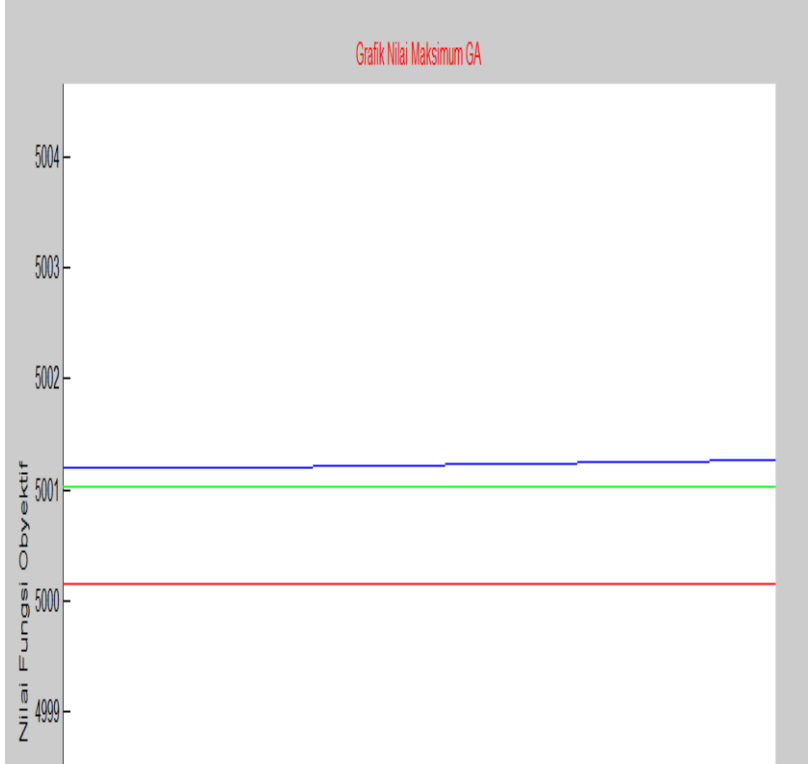


LAMPIRAN J
Hasil Optimasi Pada Fluidized Bed Dengan Perubahan
Jumlah Generasi

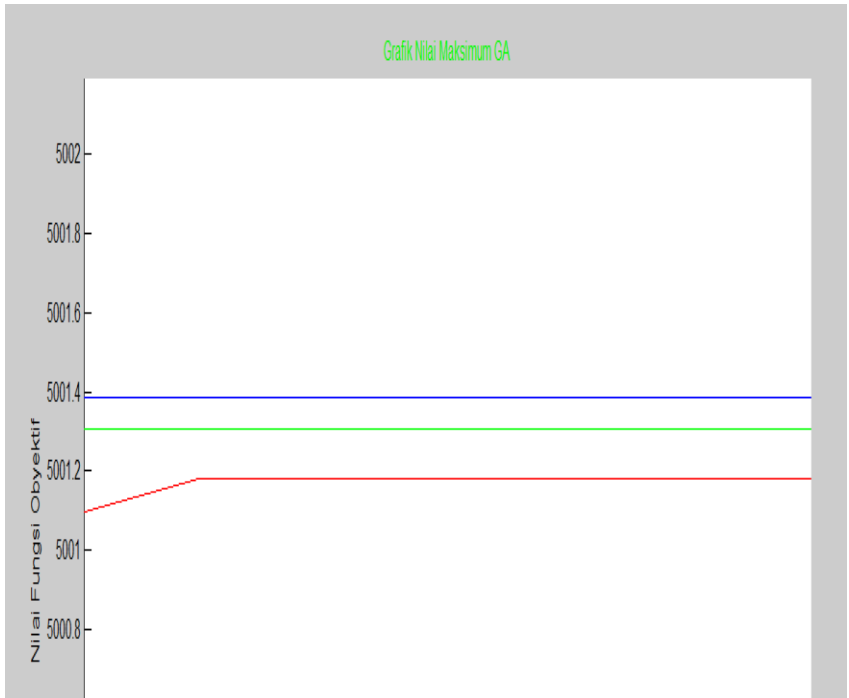
Populasi = 160
Generasi = 20,30,40
Merah = 20
Hijau = 30
Biru = 40



Populasi = 160
Generasi = 50,60,70
Merah = 50
Hijau = 60
Biru = 70

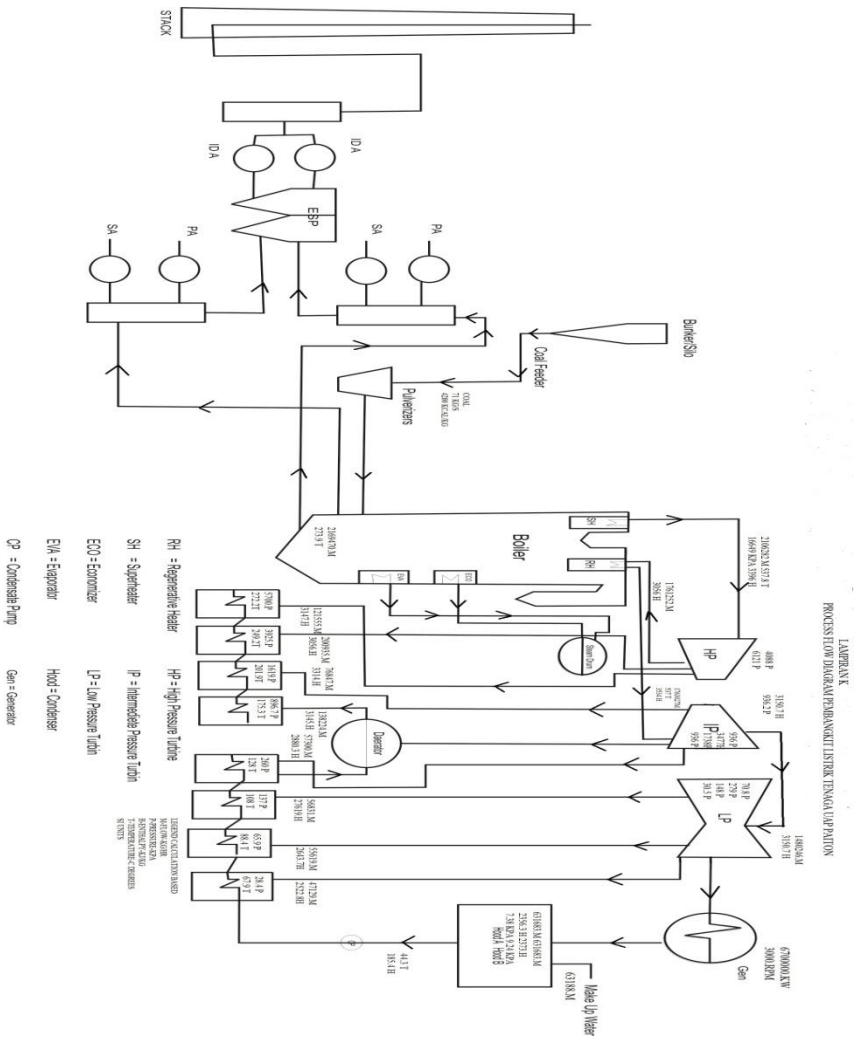


Populasi = 160
Generasi = 80,90,100
Merah = 80
Hijau = 90
Biru = 100



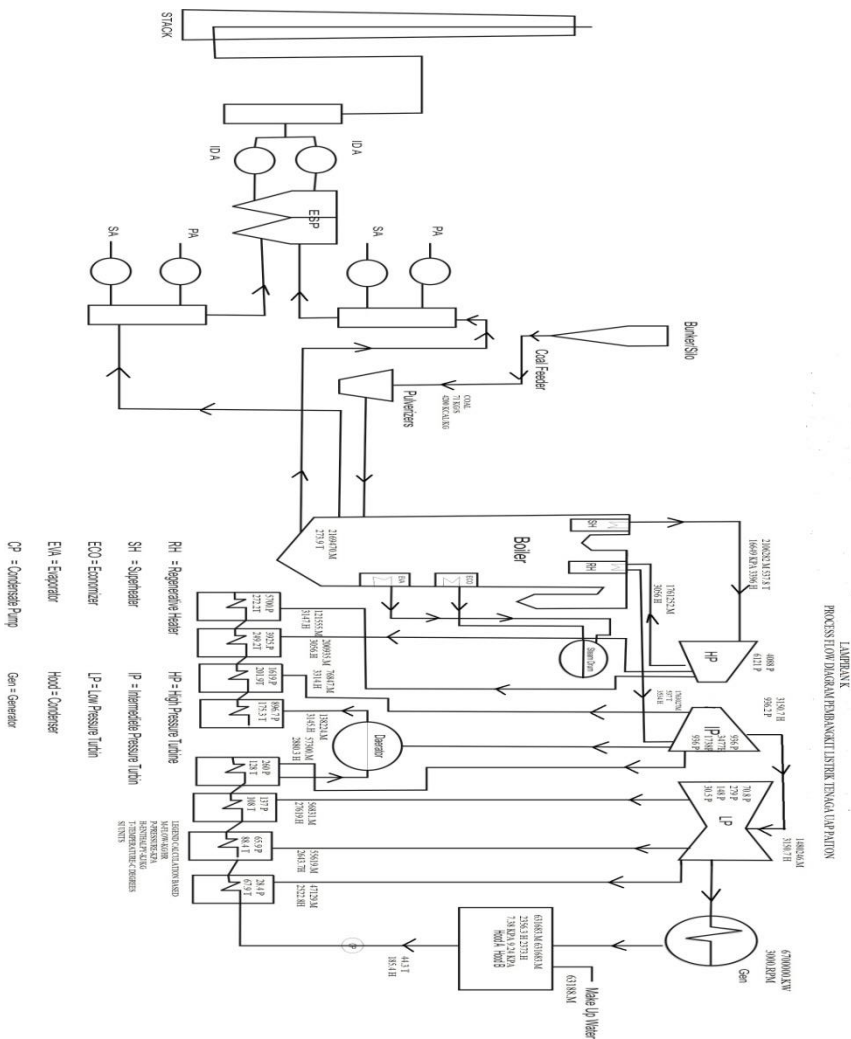
LAMPIRAN K

Proses Flow Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton



LAMPIRAN L

Perancangan Coal Dryer pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton



BIODATA PENULIS



Ilham Bintang merupakan nama lengkap penulis dengan nama panggilannya, Ilham. Penulis dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 8 Juli 1994 sebagai anak pertama dari dua bersaudaradari ayahanda Drs. Budi Wiyono M.Pd dan ibundaTuti Rahayu, S.Pd. Riwayat pendidikan penulis adalah SD Negeri 01 Klegen tahun (2001–2007), SMP Negeri 1 Madiun tahun (2007–2010), SMA Negeri 2 Madiun tahun (2010–2013). Penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Fisika ITS pada tahun 2013.Semasa perkuliahan, Penulis aktif organisasi kemahasiswaan di FUSI UA Teknik Fisika, Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis. penulis fokus pada bidang minat rekayasa instrumentasi dan kontrol untuk menyelesaikan tugas akhirnya. Penulis dapat dihubungi melalui email: ilhambintang308@gmail.com.

